Abschlussbericht zum Projekt Forestfisher

Prioritätsbereiche für den Schutz und die Wiederherstellung der Interaktionen zwischen Amazonaswäldern und fruchtfressenden Fischen sowie der damit verbundenen Fischereien

Zusammenhang

Das Amazonasbecken ist das größte und artenreichste Einzugsgebiet der Erde. Die Abholzung der tropischen Regenwälder des Amazonasgebiets zugunsten von Acker- und Weideland hat in den letzten Jahrzehnten dramatisch zugenommen, ebenso wie die Veränderungen der Klimaparameter, die zu einer Häufung extremer hydrologischer Ereignisse und Dürren geführt haben. Diese Veränderungen, verbunden mit der physischen Fragmentierung der Flüsse, beeinträchtigen die Verbreitungsmuster, den Nachwuchs und die Produktivität von Süßwasserfischarten und schränken damit die Lebensgrundlagen der Fischergemeinden ein. Unter den Fischen des Amazonas spielen diejenigen mit fruchtfressenden Gewohnheiten eine entscheidende Rolle bei der Erhaltung der Waldvielfalt als Samenverbreiter und sind eine wichtige Nahrungs- und Einkommensquelle für die traditionelle lokale Bevölkerung. Die zunehmende Abholzung, insbesondere in Ufergebieten, bedroht diese grundlegende Wechselwirkung zwischen Pflanzen und Tieren, die für die Erhaltung der biologischen und funktionalen Vielfalt von Pflanzengemeinschaften und Ökosystemen in Flüssen der Tiefebene von Bedeutung ist. Da traditionelle Flussgemeinden zahlreiche fruchtfressende Fischarten fangen und die kommerzielle Fischerei unterstützen, sind erhebliche sozioökonomische Auswirkungen zu erwarten. ForestFisher zielt darauf ab, die Wechselwirkungen zwischen Wald und Fisch im Rahmen der Planung neuer Schutzgebiete, der Verwaltung bestehender Naturschutznetzwerke und der Konzeption von Wiederherstellungsprogrammen im Amazonasbecken zu integrieren.

Hauptziele und Methodologien

Die wichtigsten Forschungsfragen, die ForestFisher behandelt, sind:

- Wie haben jüngste Veränderungen in der Landnutzung die fruchtfressende Fischvielfalt beeinflusst?
  Hier wird ForestFisher den Einfluss jüngster Veränderungen in der Struktur von Auenwäldern (z. B. das Ausmaß der Abholzung an Ufern) auf die Vielfalt fruchtfressender Fische auf lokalen und regionalen räumlichen Ebenen bewerten. Dieses Ziel wird durch den Aufbau einer neuen Fischgemeinschaftsdatenbank erreicht, die den gesamten Amazonas abdeckt und zur statistischen Modellierung der Auswirkungen von Waldbedeckung und Landschaftsänderungen auf die Vielfalt der Frugivor-Fische verwendet wird.
- Beeinflussen Veränderungen durch Klima, Landnutzung und Flussfragmentierung die Verfügbarkeit geeigneter Flächen für fruchtfressende Fischarten und bedrohen damit die Ökosystemdienstleistungen, die diese Fischpopulationen bieten?
  Hier werden Landnutzungs- und Landbedeckungsmodelle für zukünftige Szenarien entwickelt, die Landnutzungsänderungen, Landschaftsmuster und Ökosystemdienstleistungen verknüpfen, die für Landbewirtschaftung und Politikgestaltung entscheidend sind. Dies wird durch zwei Ansätze erreicht: einen quantitativen, der sich auf die Bewertung von Veränderungen in Flächennutzung und Flächenbedeckung konzentriert, und einen weiteren qualitativen, der sich auf partizipative und kollaborative Kartografie konzentriert. Anschließend werden vorrangige Bereiche für den Schutz fruchtfressender Fischarten ausgewählt, kartiert und entsprechend der Wahrscheinlichkeit bewertet, dass Gebiete klimatisch geeignete Bedingungen für Arten angesichts erwarteter Veränderungen in Klima, Landnutzung, Landbedeckung und Fragmentierung erhalten. Hier werden die Ergebnisse des Artenverteilungsmodells mit zukünftigen Szenarien für Landnutzungsänderungen überlagert, um das Ausmaß des Schutzes von Auenwäldern innerhalb der identifizierten Klimaschutzgebiete zu bewerten.
- Wie werden klimabedingte Veränderungen in der Verbreitung fruchtfressender Fischarten Fischereigemeinschaften und ihre traditionellen Fanggründe beeinflussen?

Partizipative Fischereiüberwachung wurde durch Citizen-Science-Methoden und die Erstellung kognitiver Karten mit Fischern mittels Sozialgeographie etabliert, um die aktuellen Hauptfangrouten und den Status der Bestände zu beschreiben. ForestFisher wird sowohl lokale Gemeinschaften als auch Interessengruppen einbeziehen und ein Protokoll erstellen, das die öffentliche Politik und Entscheidungsträger bei der Ausarbeitung von Fischereivereinbarungen leitet, die darauf abzielen, eine Fischereiressource zu erhalten, die potenziellen Schäden durch mehrere Bedrohungen ausgesetzt ist. Dies wird auf dem Wissenstransfer über die unmittelbaren Bedrohungen durch Klima, Landnutzung und Landbedeckungsänderungen basieren.

Hauptergebnisse, deren potenzielle Auswirkungen und Nutzung.

Auf Sub-Drainage-Skala erstellten wir eine Heatmap, die zeigt, wie der Reichtum der Frugivor-Fische im Amazonas verteilt ist, und hoben Gebiete mit einer höheren Prävalenz von Auen- und Feuchtgebieten hervor. Modellierungsergebnisse bestätigen den klaren Zusammenhang zwischen dem Reichtum an fruchtfressenden Arten und der Ausdehnung und Dauer der überfluteten Wälder und zeigen zudem einen positiven Effekt der Baumvielfalt im Wald auf den Reichtum der Früchtefressende Fische. An der Probenahme zeigen unsere Analysen negative Zusammenhänge zwischen den relativen Häufigkeiten der frugivoren Arten und dem Anteil der abgeholzten Fläche, die ebenfalls vom Grad der frugivorischen Spezialisierung der Arten abhängen. Unsere Ergebnisse zeigen außerdem, dass die Auswirkungen der Abholzung auf die Frugivoren-Häufigkeit nicht unmittelbar sind und 5 bis 7 Jahre nach dem Waldverlust anhalten und dass auch das Ausmaß der Abholzung rund um das Gebiet eine Rolle spielt.

Durch die Einbeziehung umfassender Datensätze zu demografischen Trends, Infrastrukturentwicklung und wirtschaftlichen Variablen simulierten wir Landsystemänderungen, die bis zum Jahr 2090 im Amazonasbecken unter unterschiedlichen Bevölkerungsdichte- und Klimawandelszenarien andauerten, und zeigten klare Trends bei Waldverlust und landwirtschaftlicher Ausdehnung. Anschließend wurden partizipative Workshops durchgeführt, an denen eine Vielzahl von Interessengruppen (Fischer, Flussgemeinden, Regierungsbehörden, traditionelle Amazonasgemeinschaften, Schulen und NGOs) beteiligt war, um ihre Vision einer wünschenswerten Zukunft zu integrieren und rückwärts Strategien zu entwickeln, die mit dieser Vision übereinstimmen. Fischer sehen sich bereits Veränderungen im Flusslauf, Veränderungen im aquatischen Ökosystem, Veränderungen in den Angelgebieten, Qualitätsproblemen mit dem Fang, Störungen in der trophischen Kette und Veränderungen in der Wahrnehmung der Abholzung gegenüber. Sie unterstützten das Konzept der abholzungsfreien Praktiken im Amazonas und erkannten dessen Bedeutung für den Erhalt der verbleibenden Gebiete an.

Multiple Species Distribution Models (SDMs), die auf verschiedenen mathematischen/statistischen Methoden, Klimamodellen und Szenarien basieren (mit ca. 150.000 Projektionen), wurden in Konsensmodellen kombiniert und räumlich für gegenwärtige und zukünftige Klimabedingungen projiziert. Diese Modelle lieferten eine Bewertung der Veränderungen in den Verbreitungsmustern der Arten und der Klimaschutzgebiete für die 22 spezialisiertesten Frugivoren. Die Konnektivität des hydrologischen Netzwerks zwischen aktuellen Vorkommen und zukünftigen Schutzgebieten wurde durch räumliche Analyse bewertet, um Bereiche und Korridore zu identifizieren, die für die Erhaltung der fruchtfressenden Fischvielfalt unerlässlich sind. Durch die Kombination von Szenarien zukünftiger Landnutzungsänderungen mit den resultierenden SDMs identifizierten wir Zielschutz- und Wiederherstellungsgebiete, die unter Klima-, LULC- und Konnektivitätsänderungen am wahrscheinlichsten die fruchtfressende Fischvielfalt erhalten.

Eine partizipative Fischereiüberwachung mit Bürgerwissenschaft wurde gemeinsam mit Flussgemeinden und lokalen Behörden organisiert. Die Beteiligung der Fischer an der Datenerfassung ermöglichte es den Fischern, gemeinsam die Überwachung/Datenerhebung und Interpretation der generierten Informationen durchzuführen. Die erzeugten Daten lieferten eine vorläufige Analyse des Status der fruchtfressenden Arten, die aus dem mittleren Einzugsgebiet des Madeira-Flusses gefangen wurden und auf dem Markt von Porto Velho gelandet wurden. Kognitive Karten wurden mit Fischern erstellt, um die aktuellen Hauptfischrouten und den Beständezustand zu beschreiben und Rückgänge der Fischereipunkte aufgrund der Abholzung und des Überschwemmungsbereichs des Damms hervorzuheben. Parallel dazu bestätigte eine zeitliche Analyse von über 15 Jahren

Fischlandungen diesen negativen Trend bei frugivoren Fischen. Die Pilotbaumschule wurde gebaut und Hunderte von Setzlingen von Waldarten produziert, wobei Fischergemeinschaften und Schulen aktiv beteiligt waren.

Abbildung 1 – Generalversammlung der am ForestFisher-Projekt beteiligten Forscher in Bragança, Portugal, vom 23. bis 25. Mai 2023.

Forschungsziele

Dieses Projekt zielte darauf ab, geeignete Bereiche für den Schutz und die Wiederherstellung von Amazonaswäldern, fruchtfressenden Fischinteraktionen und verwandten Ökosystemdienstleistungen mit einem interdisziplinären Ansatz zu identifizieren. Das allgemeine Ziel ist es, die klimatisch geeigneten Gebiete für fruchtfressende Fischarten, die Ufervegetation, die Konnektivität innerhalb des hydrographischen Netzwerks und die Lage der aktuellen Fanggründe zu integrieren, um konservierte und degradierte klimatische Refugien zu definieren und potenzielle Verdrängungsbedürfnisse für Fischergemeinschaften abzuschätzen. Die Integration der vier WPs ergibt :

1. statistische Modelle, die den Einfluss von durch Entwaldung verursachten Veränderungen der Landschaftsstruktur auf die Vielfalt fruchtfressender Fische in Gebieten mit unterschiedlichen Abholzungsgraden untersuchen (WP1);
2. ein neuartiges Landbedeckungsmodell zur Prognose von Szenarien für 2030, 2050, 2070 und 2090, das eine Wissenslücke für das Amazonasbecken schließt, sowie ein normatives Nachhaltigkeits-Optimum-Index-Szenario (d. h. ein zukünftiges Szenario, in dem Landnutzungsänderungen durch internationale Abkommen zur Entwaldungskontrolle und Treibhausgasreduktion eingeschränkt werden) (WP2);
3. eine hochauflösende Karte (100 m) des Amazonasbeckens mit Prioritätsgebieten für den Schutz und die Wiederherstellung von Auenwäldern (WP3);
4. ein partizipatives Protokoll, das Interessengruppen zur Erhaltung der identifizierten Refugiengebiete einbezieht, um eine minimale soziale Wirkung zu gewährleisten (WP4);
5. und die Umsetzung der Ergebnisse, um die lokalen Gemeinschaften und das globale Publikum über aktuelle und zukünftige Gefahren zu informieren, was die Minderungsplanung unterstützt, die Kapazität des Fahrzeugschutzes erhöht und die Richtlinien verbessert (WP4).

Projektaktivitäten und Erfolge

Allgemeine Beschreibung der Aktivitäten während der Projektdauer

<u>WP1 – Die grundlegende Verbindung zwischen Wald- und fruchtfressenden Fischen</u>

Eine Liste der frugivoren Fischarten und deren Frugivorie-Niveaus. Eine unserer ersten Maßnahmen war es, die Arten von Interesse, also solche, die im Amazonas-Einzugsgebiet Früchte verzehren, zu definieren, die in allen WPs als Grundlage für alle folgenden Arbeiten verwendet werden sollten. Diese Artenliste und die zugehörige Literaturübersicht sind Teil einer derzeit begutachteten Veröffentlichung. Eingänge: P1 (FRA), P5 (BRA), P6 (USA), P8 (BRA), P9 (BRA).

Quantifizierung von Landschaftsstrukturmetriken (Abholzungsniveaus)). Um die Auswirkungen der Abholzung auf das Vorhandensein und die Häufigkeit fruchtfressender Arten zu bewerten, verwendeten wir jährliche Landnutzungs- und Landbedeckungskarten des Tropical Moist Forest Monitoring (https://forobs.jrc.ec.europa.eu/TMF), um das Ausmaß der Abholzung zu quantifizieren. Wir erstellten eine Karte, die Primär- und Sekundärwälder sowie entwaldete Gebiete innerhalb und außerhalb der Auengebiete umfasst, zusammen mit anderen nicht-bewaldeten Bedeckungsklassen (z. B. überflutete Savanne, überflutetes Buschland, überflutetes Waldland) für jedes Jahr von 1990 bis 2020. Diese Karte wurde dann mit der Artengemeinschaftsdatenbank für das Jahr gekoppelt, die mit der Fischprobennahme entsprach. Eingänge: P1 (FRA).

Eine Datenbank für Fischgemeinschaften aufbauen. Wir sammelten Daten über das Vorkommen und die Häufigkeit von fruchtfressenden Fischarten durch Literaturübersichten, Datenanalysen und Kooperationen mit externen Partnern, die erhebliche Mengen lokaler Fischgemeinschaftsdaten besaßen. Eine große Menge an Vorkommens- und Häufigkeitsdaten wurde über die AmazonFish-Datenbank gewonnen, obwohl hochwertige Daten von Partnern und neuen Kooperationen bezogen wurden. Der endgültige Datensatz ergab 4214 Stichprobenstellen und 1939 Standorte mit hochwertigen Daten (standardisierte Methoden). Eingänge: P1 (FRA).

Modellierung der Auswirkungen von Waldbedeckung und Landschaftsveränderung auf die Vielfalt der Frugivor-Fische. Diese Aufgabe ist das Endziel von WP1. Drei Hauptanalysen wurden an unterschiedlichen räumlichen Körnern und fruchtfressenden Diversitätsmetriken durchgeführt, um die wesentliche Verbindung zwischen Wald- und fruchtfressenden Fischen nachzuweisen. Das erste, veröffentlicht im Journal of Biogeography, zeigt, wie Unterschiede in Ernährungspräferenzen die räumliche Verbreitung und Lebensraumzuordnungen von Arten auf Landschaftsebene und das Getreide der Probenahme beeinflussen, und hebt die Abhängigkeit fruchtfressender Arten von den Auenlebensräumen hervor. Die zweite, veröffentlichte in PNAS auf Subdrainage-Ebene, zeigt einen klaren Zusammenhang zwischen der Anzahl der fruchtfressenden Arten und der Ausdehnung überfluteter Wälder, der Hochwasserdauer und der Baumvielfalt im Wald. Die dritte, in der Überarbeitung in Science, am Getreide der Probenahmestelle und unter Verwendung der Datenbank der Fischgemeinschaft, zeigt die negative Wirkung der Abholzung auf die Häufigkeit fruchtfressender Arten im gesamten Amazonas-Einzugsgebiet auf. Eingänge: P1 (FRA), P5 (BRA), P6 (USA), P8 (BRA), P9 (BRA).

<u>WP2 – Zukunftsszenarien, die Landnutzungsänderungen, Landschaftsmuster und Ökosystemdienstleistungen verknüpfen.</u>

Prognostische Bewertung der Landnutzungsumstellung im Amazonasbecken. Diese Aufgabe war entscheidend für das Verständnis der Landnutzungsübergänge im Amazonasbecken von 1985 bis 2018. Diese umfassende Bewertung nutzte Daten von MapBiomas und dem R-Paket OpenLand und verwendete eine "Intensitätsanalyse"-Methodik. Die Ergebnisse waren aufschlussreich und zeigten bedeutende Veränderungen in diesem Zeitraum. Die Waldbedeckung nahm um etwa 118.505 Quadratkilometer ab, während Savannenflächen um etwa 4.921 Quadratkilometer schrumpften. Überflutete Wälder und Feuchtgebiete erlebten einen bemerkenswerten Rückgang von etwa 38.936 Quadratkilometern, während andere natürliche Formationen um etwa 2.869 Quadratkilometer abnahmen. Im starken Gegensatz dazu wuchs das landwirtschaftliche Land um etwa 158.969 Quadratkilometer, und die unbewachsenen Flächen wuchsen um rund 463 Quadratkilometer. Die Wasserflächen vergrößerten sich um etwa 4.435 Quadratkilometer, mit vernachlässigbaren Veränderungen in der Kategorie "Nicht beobachtet". Diese Ergebnisse unterstreichen die komplexen Dynamiken der Landnutzung im Amazonasbecken und unterstreichen die Notwendigkeit einer wachsamen Überwachung und fundierter Naturschutzmaßnahmen. Eingänge: P3 (GRE); P10 (BRA)

Quantitative Zukunftsszenarien, die Landnutzungsänderungen mit Landschaftsmustern verknüpfen. Diese Aufgabe erfuhr einen strategischen Wandel in den Modellierungsansätzen. Zunächst wurde das CLUMondo-Modell verwendet, aber das Projekt wechselte aufgrund der Weite des Amazonasbeckens und der rechnerischen Herausforderungen zum Dinamica EGO-Modell. Die Skalierbarkeit und Verarbeitungsfähigkeiten des Dinamica EGO-Modells passten besser zu den Anforderungen des Projekts. Das Kernziel der Aufgabe blieb einheitlich: die Modellierung zukünftiger Veränderungen des Landsystems im Amazonasbecken unter unterschiedlichen Bevölkerungsdichte- und Klimawandelszenarien. Der Übergang zu Dinamica EGO stellt einen wesentlichen methodischen Fortschritt dar, mit fortlaufenden Kalibrierungen und Verfeinerungen, die die Genauigkeit und Relevanz des Modells sicherstellen. Eingänge: P3 (GRE); P10 (BRA)

Local LULC Qualitative Sustainability Scenario Involving Stakeholders. Wir konzentrierten uns darauf, ein qualitatives Szenario für Landnutzung und Landbedeckungsänderung (LUCC) in der Zwischenregion Madeira / Purus zu entwickeln und dabei vielfältige Interessengruppen durch zwei partizipative Workshops einzubinden. Mit der "Backcasting"-Planungsmethode trugen Akteure aus verschiedenen Hintergründen Erkenntnisse in vier kritischen Bereichen bei: natürliche Ressourcen, soziale Entwicklung, wirtschaftliche Aktivitäten sowie institutionellen und politischen Kontext. Die Ergebnisse offenbarten wertvolle Perspektiven zur Landnutzungsdynamik, Abholzung, Naturschutzmaßnahmen und zukünftigen Ambitionen.

Im Rahmen dieser partizipativen Komponente produzierte das Projekt auch *Um Rio de Sabores*, ein von der Gemeinschaft geführtes Kochbuch, das in Zusammenarbeit mit Frauen aus mehreren Flussufergemeinschaften entlang des Madeira-Flusses in Rondônia entwickelt wurde. Diese Veröffentlichung dokumentiert traditionelle kulinarische Praktiken, ökologisches Wissen und lokale Erzählungen und veranschaulicht, wie sich Nahrungskultur, saisonale Fischereidynamik und Nachhaltigkeitswerte im Alltag überschneiden. Das Buch dient sowohl als kulturelles Zeugnis als auch als Ausdruck gemeinschaftlicher Handlungsfähigkeit und stärkt, wie Frauen – während sie das kulinarische Erbe bewahren – die sozio-ökologischen Veränderungen in ihren Territorien artikulieren. Eingaben: P3 (GRE), P1a (BRA), P4 (BRA), P7 (BRA)

WP3 – Vorrangige Bereiche für Naturschutz und Wiederherstellung

Auswirkungen des Klimawandels auf fruchtfressende Fischgemeinschaften. Diese Aufgabe besteht darin, die Auswirkungen der Veränderungen der Klimabedingungen auf die Verbreitungsmuster fruchtfressender Fische im Amazonasbecken zu bewerten. Zunächst definierten wir das hydrographische Netzwerk, das alle aquatischen Körper größer oder gleich Ordnung 4 von Strahler gemäß Daten von HydroSHEDS (https://www.hydrosheds.org/products/hydrorivers) enthält. Anschließend erstellten wir ein geografisches Raster mit spezifischer räumlicher Auflösung (7 km) und kartierten darauf die Vorkommensdaten fruchtfressender Fischarten (52 Arten aus den hochspezialisierten und mittel-hoch spezialisierten Niveaus der Frugivory und mit ausreichender Anzahl an Vorkommensdaten für die Modellierungsroutine), bereitgestellt von WP1, um die Anwesenheit und Pseudo-Abwesenheit von frugivoren Fischen zu ermitteln. Bioklimatische Variablen für Gegenwart und Zukunft (2030, 2050, 2070 und 2090, für moderate SSP2-4,5 und pessimistische SSP5-8,5 Gasemissionsszenarien) sowie hydrologische Variablen für die aktuelle Zeit wurden im geografischen Raster neu skaliert, um klimatisch-ökologische Schichten zu erhalten. Wir nutzten fünf maschinelle Lernalgorithmen (MLA), um die klimatologische Eignung und die potenzielle Verbreitung der Arten vorherzusagen. Das Modellierungsprotokoll ergab insgesamt 10.400 Prognosen für die aktuelle Zeit (5 MLA x 40 Wiederholungen x 52 Arten) und insgesamt 332.800 Prognosen für die zukünftige Zeit (5 MLA x 40 Wiederholungen x 4 Klimamodelle x 2 SSPs x 4 zukünftige Zeiten x 52 Arten). Eingänge: P9 (BRA), P8 (BRA), P5 (BRA), P1 (FRA), P2 (POR), P3 (GER).

Analyse der Konnektivität. Diese Aufgabe bewertet die Konnektivität des hydrologisch-frugivoren Lebensraumnetzwerks im Untersuchungsbereich. Basierend auf der Graphentheorie kombinierten wir Artenverteilungen mit dem hydrographischen Netzwerk und einem Widerstandsindex gegen Bewegung durch das Netzwerk (basierend auf Barrieren zur Ausbreitung), um Lebensraum-Polygone zu etablieren. Die Konnektivität zwischen aktuellen Flecken und zukünftigen Schutzgebieten wurde bewertet, um

festzustellen, ob Arten in der Lage sind, sich frei durch das hydrographische Netzwerk zwischen den verschiedenen Zonen zu bewegen. Abschließend bewerteten wir den Beitrag einzelner Barrieren, die das Amazonasbecken am bedeutendsten fragmentieren. Kombiniert mit den Prognosen zur Artenverbreitung bewerten diese Ergebnisse, die in der Überarbeitung in Global Change Biology durchgeführt werden, das Zusammenspiel von Klimawandel und Flussfragmentierung, verursacht durch Barrieren für fruchtfressende Fischereiressourcen im Amazonasbecken, mit Schwerpunkt auf der Zugänglichkeit geeigneter Gebiete in den kommenden Jahren. Die Hauptergebnisse zeigen, dass (1) der zentrale Amazonas derzeit gut angebunden für Zug- und sesshafte Arten ist, (2) laufende und geplante Staudämmprojekte das Amazonasbecken stark fragmentieren werden, mit einer erwarteten Vermehrung der Andennebenflüsse, der Teilbecken Madeira und Tapajós, und (3) der Klimawandel eine zusätzliche Hürde für Fischarten in einer zunehmend fragmentierten Landschaft darstellen wird. Eingänge: P8 (BRA), P5 (BRA), P1 (FRA), P2 (POR), P3 (GER).

Wirksamkeit von Schutzgebieten (PAs). Um die Rolle der PAs beim Schutz von Fischarten zu bewerten, wurden in dieser neuen Aufgabe die gegenwärtigen und zukünftigen Verbreitungen der Arten mit dem bestehenden PAs-Netzwerk verglichen. Für jede Art wurde das Repräsentativitätsniveau in einem gegebenen PA-Netzwerk als mittlerer prozentualer Überlappungswert (MPO) berechnet. MPO zwischen der fruchtfressenden Fischverteilung und dem PA-Netzwerk im Amazonas zeigte einen sehr schlechten Schutz, ähnlich einer zufälligen Platzierung von PAs. Eingänge: P2 (POR), P5 (BRA), P8 (BRA).

Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Wechselwirkung zwischen Fisch und Wald. Diese neue Aufgabe konzentrierte sich darauf, die Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung sowohl fruchtfressender Fische als auch assoziierter Baumarten zu bewerten, mit dem Ziel, die Entkopplungsprozesse in der Fisch-Wald-Interaktion im Amazonasbecken aufgrund der Artenumverteilung als Reaktion auf ein sich ständig veränderndes Klima abzuschätzen. Die Fisch-Wald-Konnektenzanalyse zeigt eine wichtige Entkopplung in der gemeinsamen Verbreitung zweier analysierter Fischarten. Eingänge: P5 (BRA), P8 (BRA).

Schwerpunktbereiche. Diese Aufgabe stellt das ultimative Ziel von WP3 dar. Es konzentriert sich darauf, die Artenverteilungsprognosen mit den räumlichen Mustern der Landnutzung und Bedeckungsänderung (LUCC) sowie anthropogenen Stressoren durch Flussfragmentierung zu verknüpfen, um Prioritätsbereiche für den Schutz und die Wiederherstellung fruchtfressender Fische im Amazonasbecken zu kartieren und zu bewerten. Wir arbeiten an den verfügbaren Alternativen, um die Ergebnisse der Umwelt-Klima-Eignung fruchtfressender Fische, die für gegenwärtige und zukünftige Zeiten gewonnen wurden, in die Konnektivität und Veränderungen der LUCC in gegenwärtigen und zukünftigen Zeiten zu integrieren. Prioritätsbereiche, die sowohl auf Erhaltungs- als auch auf Restaurierungszielen basieren, werden mit Optimierungs- und Heuristikalgorithmen definiert (prioritizr, R-package und MARXAN). Klimaschutzgebiete, die nicht von Isolation betroffen sind und mit erhaltener und degradierter Waldbedeckung zusammenfallen, werden als potenzielle Prioritätsgebiete für Naturschutz bzw. Wiederherstellung ausgewählt. Eingänge: P1 (FRA), P2 (POR), P5 (BRA), P8 (BRA), P9 (BRA) und P3 (GER).

WP4 – Partizipative Flächennutzungsplanung: ein Protokoll unter Einbeziehung der Interessengruppen

Ziel des WP4 ist es, ein Protokoll zu erstellen, das die öffentliche Politik und Entscheidungsträger bei der Ausarbeitung von Fischereivereinbarungen anleitet, die auf den Schutz einer Fischereiressource abzielen, die potenziellen Schäden durch die zuvor beschriebenen und analysierten Bedrohungen ausgesetzt ist. Die beteiligten Gemeinden wurden anhand ihrer Fischereigeschichte und ihrer Umweltmerkmale ihres Fanggebieten ausgewählt (z. B. abgeholzt und unberührt; von einem Kraftwerk betroffen oder nicht). Sie wurden auch unterstützt, sich (durch Treffen, Schulungen und persönliche Unterstützung) an der partizipativen Fischereiüberwachung mit Bürgerwissenschaft über die ICTIO-App zu beteiligen und einer weiteren laufenden Fischereiüberwachungsmethode auf Basis einer sozialen Technologie, die bei den Fischereilandungen in den Gemeinden Humaitá und Lábrea, Amazonas, angewendet wurde. Diese Daten ermöglichen es uns, die Informationslücken über Fischereien zu visualisieren und die Bürger dazu zu ermutigen, aktiv an der verantwortungsvollen Bewirtschaftung und Erhaltung aquatischer Ökosysteme mitzuarbeiten. Die lokale Regierung wurde eingeladen, sich zu

beteiligen und sich zu engagieren, und es fanden mehrere Treffen mit Fischern und Studenten aus der Flussgemeinschaft statt. Wir analysierten außerdem: 1) den Status der fruchtfressenden Arten aus dem mittleren Madeira-Fluss, die von 2010 bis 2019 auf dem Fischmarkt von Porto Velho angekommen sind, und stellten dies in Zusammenhang mit den zeitlichen Trends bei der Abholzung; 2) die ethnografische Identifizierung der Auenwaldarten, die zur Erstellung der Datenbank der von Fischen verbrauchten Früchte verwendet werden und sich für die Pflanzung und Überschwemmungsgebiete eignen; 3) die Lage der Fischereigebiete, Status und Nutzung fruchtfressender Arten in der lokalen Fischerei anhand kognitiver Karten, die aktuelle und frühere Fischereirouten auf Madeira/Purus beschreiben, sowie durch die Wahrnehmung der Fischer über den Einfluss der Abholzung auf Fischerei und Naturschutzalternativen; 4) Partizipative Treffen mit Interessengruppen; und 5) Bau der Pilotbaumschule, Organisation der Expeditionen zum Sammeln von Samen und Initiierung von Pflanzaktivitäten. Beim Abschlusstreffen des Projekts präsentierten und diskutierten Forscher von ForestFisher die wichtigsten Ergebnisse mit Vertretern von SEDAM-RO und Führungskräften der Fischereikolonie Porto Velho. Eingänge: P4 (BRA), P7 (BRA), P1a (BRA)

3.2. Tabelle der Ergebnisse

Lieferobjekt und Meilenstein			**Führender Partner (Land und Bezeichnung), weitere Partner (Land und Bezeichnungen) bei bedeutenden Beiträgen**	**Datum der Zustellung (mm/jjjj) und das ursprünglich geplante Datum in Klammern**	**Kommentare (Änderungen, aufgetretene Schwierigkeiten und neue Lösungen)**
Arbeitspaket	*Lieferobjekt oder Meilenstein*	*Vollständiger Name*			
WP1	*M01*	*Datenbank für fruchtfressende Fischgemeinschaften*	*P1 (FRA)*	03/2023 (11/2022)	Abgeschlossen
WP1	*D01*	*Hitzekarte der Häufigkeit fruchtfressender Fischarten*	*P1 (FRA), P6 (USA)*	04/2023 (12/2022)	Abgeschlossen
WP1	*M02*	*Quantifizierung von Landschaftsmetriken*	*P1 (FRA), P3 (GER)*	04/2023 (04/2023)	Abgeschlossen
WP1	*D02*	*Rasterbild mit Primär- und Sekundärwald- sowie Entwaldungsausdehnungen und -daten*	*P1 (FRA)*	05/2023 (05/2023)	Abgeschlossen
WP1	*M03*	*Statistical models assessing the influence of landscape-structure change on frugivorous fish diversity*	*P1 (FRA), P6 (USA)*	08/2023 (08/2023)	Abgeschlossen

Lieferobjekt und Meilenstein			Führender Partner (Land und Bezeichnung), weitere Partner (Land und Bezeichnungen) bei bedeutenden Beiträgen	Datum der Zustellung (mm/jjjj) und das ursprünglich geplante Datum in Klammern	Kommentare (Änderungen, aufgetretene Schwierigkeiten und neue Lösungen)
WP1	*D03*	*Bericht über die Ergebnisse dieses WP, das in den partizipativen Diskussionen mit den Interessengruppen in WP4 (auf Portugiesisch) verwendet werden soll.*	*P1 (FRA),* *P6 (USA)*	10/2023 (10/2023)	Abgeschlossen (sent to P4 and P7 in 10/2023)
WP2	*M04*	*Geographische Datenbank und R-Scripts*	*P3 (GRE)*	07/2022 (06/2022)	Abgeschlossen
WP2	*D05*	*Landnutzungsübergang visualisiert durch Sankey- und Akkorddiagramme*	*P3 (GRE),* *P4 (BRA),* *P7 (BRA),* *P10 (BRA)*	09/2022 (09/2022)	Abgeschlossen
WP2	*M05*	*Landnutzungsübergangsmetriken*	*P3 (GRE),* *P4 (BRA),* *P7 (BRA),* *P10 (BRA)*	10/2022 (10/2022)	Abgeschlossen
WP2	*M06*	*Das simulierte Landsystem des Amazonasbeckens ändert sich bis 2090*	*P3 (GRE)*	03/2023 (04/2023)	Abgeschlossen
WP2	*D06*	*LULC modelliert Karten für zukünftige Szenarien 2030, 2050, 2070 und 2090*	*P3 (GRE)*	05/2023 for the Tocantins and 12/2023 for the Amazon (05/2023)	Abgeschlossen

Lieferobjekt und Meilenstein			Führender Partner (Land und Bezeichnung), weitere Partner (Land und Bezeichnungen) bei bedeutenden Beiträgen	Datum der Zustellung (mm/jjjj) und das ursprünglich geplante Datum in Klammern	Kommentare (Änderungen, aufgetretene Schwierigkeiten und neue Lösungen)
WP2	*M07*	*Partizipative Workshops mit Interessengruppen*	*P3 (GRE),* *P1a (BRA),* *P4 (BRA),* *P7 (BRA)*	07/2023 (07/2023)	Abgeschlossen Im Rahmen dieser partizipativen Komponente produzierte das Projekt auch *Um "Rio de Sabores",* ein gemeinschaftlich geführtes Kochbuch, das in Zusammenarbeit mit Frauen aus mehreren Flussgemeinschaften entlang des Madeira-Flusses in Rondônia erstellt wurde. Diese Veröffentlichung dokumentiert traditionelle kulinarische Praktiken, ökologisches Wissen und lokale Erzählungen und veranschaulicht, wie sich Nahrungskultur, saisonale Fischereidynamik und Nachhaltigkeitswerte im Alltag überschneiden. Das Buch dient sowohl als kulturelles Zeugnis als auch als Ausdruck gemeinschaftlicher Handlungsfähigkeit und stärkt, wie Frauen – während sie das kulinarische Erbe bewahren – die sozio-ökologischen Veränderungen in ihren Territorien artikulieren.

WP3	*M09*	*Artenverteilungsmodelle der frugivoren Fischarten für aktuelle und zukünftige Klimaszenarien*	*P5 (BRA),* *P8 (BRA),* *P1 (FRA),* *P2 (POR),* *P3 (GER)*	10/2023 (12/2022)	Abgeschlossen Wir standen vor drei Hauptschwierigkeiten bei der Entwicklung dieser Aufgabe. (1) Die Ausmusterung des rgdal R-Pakets, eines georäumlichen Analysetools, das wir für die Geoverarbeitungsroutinen für die Artenverteilungsmodellierung verwenden wollten, im Jahr 2023. Wir mussten daher die Geoverarbeitungsprogrammierstruktur im Modellierungsprotokoll neu aufbauen, um die Funktionen des Stars-R-Pakets zu berücksichtigen, das ebenfalls ein Geoverarbeitungs-R-Tool benötigte. Zusätzlich hängt das SDM-R-Paket, das wir für die Modellierung der Artenverteilung verwenden, auch vom ausgemusterten Paket rgdal ab. Wir haben dieses Problem gelöst, indem wir unsere Eingabedaten von Rastern in SimpleFeatures umgewandelt haben, eine Shapefile-Klasse aus dem sf R-Package, die sich sowohl wie eine Shapefile als auch wie data.frame verhält, was vom SDM-Paket akzeptiert wird. (2) Eine zweite Schwierigkeit beruhte auf der aktuellen Inkompatibilität zwischen dem verfügbaren Werkzeug zur Auswahl der besten GCMs für einen bestimmten Bereich, dem GCM compareR-Paket, und den CMIP-Daten (CMIP6). Wir haben dieses Problem gelöst, indem wir ein neues R-Paket, das chooseGCM, entwickelt haben, das eine robuste Alternative zur Auswahl von GCMs bietet, da es studienflächenabhängig, kompatibel mit CMIP6 ist und angibt, wie viele GCMs die Studie minimal berücksichtigen sollte, um zukünftige Projektionen für ein bestimmtes Interessengebiet zu erstellen. (3) Die dritte Schwierigkeit bezog sich auf die bescheidene Computerinfrastruktur, die angesichts des großen Studienbereichs und der gewählten räumlichen Auflösung sowie der enormen Menge an Umweltdaten, die wir verarbeiten mussten (etwa 15.506,6 Megabyte Umweltdaten für jede Art). Diese drei Faktoren

Lieferobjekt und Meilenstein			Führender Partner (Land und Bezeichnung), weitere Partner (Land und Bezeichnungen) bei bedeutenden Beiträgen	Datum der Zustellung (mm/jjjj) und das ursprünglich geplante Datum in Klammern	Kommentare (Änderungen, aufgetretene Schwierigkeiten und neue Lösungen)
					verzögerten den ursprünglich geplanten Zeitplan für diese Lieferung.
WP3	*D11*	*Climate Refugia kartiert die Vielfalt fruchtfressender Fische entsprechend aktuellen und zukünftigen Klimawandelszenarien*	*P5 (BRA),* *P8 (BRA),* *P1 (FRA),* *P2 (POR),* *P3 (GER)*	10//2023 (01/2023)	Abgeschlossen
WP3	*M10*	*Analyse der Konnektivität im hydrologisch-frugivoren Lebensraumnetzwerk und Identifikation wesentlicher Bereiche und Einschränkungen (Barrieren)*	*P2 (POR)* *P9 (BRA)*	11/2024 (09/2023)	Abgeschlossen. Wir hatten Verzögerungen bei der Einstellung des Forschungsassistenten für diese Aufgabe (Mai 2023) sowie bei der Erstellung von Artenverteilungsmodellen (Aufgabe 3.1). Dies implizierte eine Neuterminierung der lieferbaren D12 (siehe unten).
WP3	*D12*	*Wissenschaftlicher Bericht über die Vernetzung des hydrologisch-frugivoren Lebensraumnetzwerks und Kartierung wesentlicher Bereiche sowie Einschränkungen (Barrieren) für aktuelle und zukünftige Szenarien*	*P2 (POR)* *P9 (BRA)*	02/2024 (10/2023)	Abgeschlossen Wie oben zum Milestone M10 erwähnt, wurde diese Lieferung verzögert, aber wir haben im Februar 2024 eine endgültige Version bereitgestellt.
WP3	*M11*	*Identifikation von Zielschutz- und Wiederherstellungsgebieten basierend auf der Integration von SDM, Klima, LULC und Konnektivitätsänderungsanalysen*	*P2 (POR)* *P9 (BRA)* *P1 (FRA)*	(09/2024)	
WP3	*D13*	*Bericht und Kartierung der Zielschutz- und Wiederherstellungsgebiete basierend auf der Integration von SDM, Klima, LULC und Konnektivitätsänderungsanalysen*	*P2 (POR)* *P9 (BRA)* *P1 (FRA)*	(10/2024)	Abgeschlossen

Lieferobjekt und Meilenstein			Führender Partner (Land und Bezeichnung), weitere Partner (Land und Bezeichnungen) bei bedeutenden Beiträgen	Datum der Zustellung (mm/jjjj) und das ursprünglich geplante Datum in Klammern	Kommentare (Änderungen, aufgetretene Schwierigkeiten und neue Lösungen)
WP3	*M12*	*Optimierung der Zielkonservierungs- und Wiederherstellungsbereiche, Analyse der Korrespondenz mit dem bestehenden PA-Netzwerk*	*P2 (POR)* *P9 (BRA)*	12/2024 (12/2024)	Abgeschlossen
WP3	*D14*	*Erhaltungs- und Wiederherstellungspläne der Zielschutz- und Wiederherstellungsgebiete*		(01/2025)	Abgeschlossen
WP3	*D15*	*Wissenschaftlicher Bericht über die vorrangigen Bereiche für den Schutz und die Wiederherstellung im Amazonas, um die fruchtfressende Fischvielfalt und die Wechselwirkung zwischen Fisch und Wald zu erhalten.*		(04/2025)	Abgeschlossen
WP4	*M13*	*Partizipative Treffen mit Interessengruppen – Einladung zur Teilnahme am Projekt und Schulungen mit ICTIO*	*P4 (BRA),* *P1a (BRA)*	07/2022 (06/2022)	Abgeschlossen
WP4	*M14*	*Gründung der Gruppe von Fischergemeinschaften und Regierungsbehörden, die an der Teilnahme am Projekt interessiert sind*	*P4 (BRA),* *P7 (BRA),* *P1a (BRA)*	02/2023 (08/2022)	Abgeschlossen
WP4	*M15*	*Partizipative Treffen mit Interessengruppen*	*P4 (BRA),* *P7 (BRA),* *P1a (BRA)*	11/2022 and performed all along the project (09/2022)	Abgeschlossen
WP4	*M16*	*Schulung der freiwilligen Fischereigemeinschaften zur Nutzung der ICTIO-App*	*P4 (BRA),* *P7 (BRA),* *P1a (BRA)*	05/2023 (10/2022)	Einige Fischer haben Schwierigkeiten, ihre Handys zu benutzen, oder haben keinen Internetzugang. Wir beschlossen außerdem, mit Unterstützung lokaler Studierender Fischereiinformationen einzuholen und Informationen von Fischmärkten zu sammeln.

Lieferobjekt und Meilenstein			Führender Partner (Land und Bezeichnung), weitere Partner (Land und Bezeichnungen) bei bedeutenden Beiträgen	Datum der Zustellung (mm/jjjj) und das ursprünglich geplante Datum in Klammern	Kommentare (Änderungen, aufgetretene Schwierigkeiten und neue Lösungen)
WP4	*D16*	*Wissenschaftlicher Bericht über die Lage der Fischereigebiete, Status und Nutzung fruchtfressender Arten in der lokalen Fischerei*	*P4 (BRA), P7 (BRA), P1a (BRA)*	02/2023 (03/2023)	Abgeschlossen
WP4	*M17*	*Identifikation der Baumessenzen, die am besten an Waldrestaurierungsinitiativen angepasst sind*	*P1a (BRA)*	03/2023 (06/2023)	Abgeschlossen
WP4	*D17*	*Datenbank der von Fischen verzehrten Früchte, die sich für Pflanzung und Überschwemmungsgebiet eignen, eignet sich für Pflanzung und Überschwemmungsgebiet*	*P1a (BRA)*	06/2023 (09/2023)	Abgeschlossen
WP4	*D18*	*Kognitive Karten, die aktuelle und frühere Angelrouten im Maderia/Purus beschreiben*	*P4 (BRA), P7 (BRA), P1a (BRA)*	09/2023 (09/2023)	Abgeschlossen
WP4	*D19*	*Kreuzvalidierung durch die Überwachung der Fischlandungen und kognitive Karten aktueller und früherer Fischereigebiete fruchtfressender Fische in Pilotgemeinschaften*	*P4 (BRA) P7 (BRA)*	(04/2024)	Abgeschlossen
WP4	*M18*	*Partizipative Treffen mit Interessengruppen – Partizipative Ausarbeitung der Landnutzungsplanung mit der Verbreitung von Daten aus WP2*		(04/2024)	Abgeschlossen
WP4	*D20*	*Praxishandbuch zur Nutzung und Interpretation partizipativer Monitoring-Ergebnisse*		(12/2024)	Abgeschlossen
WP4	*M19*	*Partizipative Treffen mit Interessengruppen – Umweltbildung in Schulen, Gemeinden und Fischerkolonien Verbreitung von Daten aus WP2 und WP3*		(02/2025)	Abgeschlossen

Lieferobjekt und Meilenstein			Führender Partner (Land und Bezeichnung), weitere Partner (Land und Bezeichnungen) bei bedeutenden Beiträgen	Datum der Zustellung (mm/jjjj) und das ursprünglich geplante Datum in Klammern	Kommentare (Änderungen, aufgetretene Schwierigkeiten und neue Lösungen)
WP4	*D21*	*Wissenschaftlicher Bericht über die partizipative Erfahrung und Ergebnisse*	*P1a (BRA)* *P7 (BRA)*	03/2025 (03/2025)	Abgeschlossen
WP4	*D22*	*Handbuch für Pflanzenpflege und Wiederherstellung von Auengebieten mit Schwerpunkt auf Fischschutz* *(auf Portugiesisch)*	*P1a (BRA)* *P7 (BRA)*	04/2025 (04/2025)	Abgeschlossen

3.3. Wissenschaftliche Ergebnisse

WP1 – Die grundlegende Verbindung zwischen Wald- und fruchtfressenden Fischen

Eine Liste der frugivoren Fischarten und deren Frugivorie-Niveaus. Eingänge: P1 (FRA), P5 (BRA), P6 (USA), P8 (BRA), P9 (BRA). Wir führten eine Literaturrecherche nach Aufzeichnungen über den Obst- und Samenkonsum durch Fische im Amazonasbecken durch. Wir suchten hauptsächlich nach Ernährungsstudien mit Analysen des Mageninhalts, die uns den Anteil der verzehrten Früchte und/oder Samen liefern würden. Nach diesen Konsumwerten wurden die Arten in vier Stufen eingeteilt: niedrig spezialisiert (<25 %), mittler-niedrig spezialisiert (25-50 %), mittel-hoch spezialisiert (50-75 %) und hochspezialisiert (>75 %). Wir fanden 104 fruchtfressende Arten (Anzahl der Arten pro Ebene: 52, 23, 19 und 10), die in Südamerika verteilt und in 20 Familien unterteilt sind.

Quantifizierung von Landschaftsstrukturmetriken (Abholzungsniveaus). Eingänge: P1 (FRA). Wir haben das Produkt des tropischen feuchten Waldes (EC-JRC, https://forobs.jrc.ec.europa.eu/TMF) verwendet, um die Landschaftsstrukturmetriken zu quantifizieren. Dieser Datensatz liefert Informationen über die Waldbedeckung, die Abholzung und den Sekundärwald (Waldwiederwuchs nach der Abholzung) mit einer Auflösung von 30 m pro Jahr von 1990 bis 2022 (Abbildung 1).

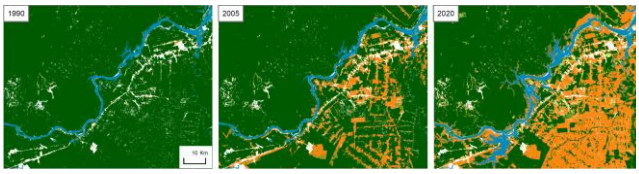


Abbildung 2: Die Entwicklung des Waldes (1), des Sekundärwaldes (4) und der Abholzung (3) treten im Laufe der Zeit (1990, 2005 und 2020) auf einem Teil des Madeira-Flusses in Brasilien auf.

Für jede Fischprobenstelle (siehe unten) definierten wir räumliche Puffer mit unterschiedlichen Ausdehnungen: 5 km, 10 km, 30 km und 50 km rund um die Fundstelle. Zunächst wurden vier verschiedene Möglichkeiten zur

Definition des analysierten Gebiets untersucht, von Puffern, die das gesamte Einzugsgebiet um das Gebiet integrieren, bis hin zu Puffern, die auf das Flussnetz beschränkt sind. Schließlich entschieden wir uns, das Gebiet um jeden Standort auf die Aue zu beschränken und bieten relevantere Kennzahlen, wenn wir nach einer Verbindung zu fruchtfressenden Fischen suchen. Die Teilbecken wurden durch Anwendung eines Abflussakkumulationsalgorithmus auf das SRTM-globale 1-km-Digital-Höhenmodell (https://topex.ucsd.edu/WWW_html/srtm30_plus.html) abgegrenzt. Um dann die Landschaftsmetriken innerhalb des Uferbereichs zu erhalten, schnitten wir die Teilbecken mit dem GPLAIN-Datensatz, der die Auen-, Feuchtgebiet- und Überschwemmungsgebiete mittels eines hydrologischen Modells abgrenzt (Abbildung 2). Wir quantifizierten Abholzungsmetriken für die gesamte Pufferfläche (einschließlich ober- und abwärts von jedem Standort) und nur flussaufwärts zum Standort. Diese Kennzahlen wurden für jedes Jahr an jedem Fischprobenstandort berechnet, um Informationen über die Waldbedeckungsniveaus zum Zeitpunkt der Fischprobennahme und über die Jahre davor bereitzustellen.

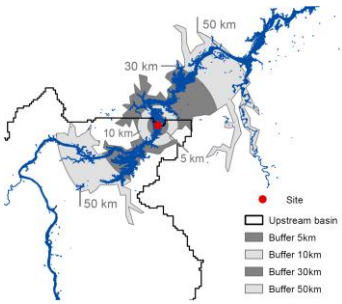


Abbildung 3: Beispiel für vier Puffer, räumliche Ausdehnungen rund um eine Fundstelle, innerhalb des Uferbereichs (GPLAIN, Nardi et al., 2019, Scientific Data. 6:180309) und mit der Abgrenzung des oberen Teilbeckens.

Eine Datenbank für Fischgemeinschaften aufbauen. Eingänge: P1 (FRA). Wir erhielten Daten der Fischgemeinschaften aus sechs internen und externen Kooperationen von ForestFisher (Abbildung 3). Im Allgemeinen umfasst die endgültige Datenbank Daten aus einer Literaturübersicht, experimentellen Stichproben externer Partner, Online-Datenbanken und Museen. Die meisten Daten stammten aus der AmazonFish-Datenbank (https://freshwaterfishdata-dev.ird.fr/). Nach der Sammlung filterten wir die Daten nach unserem Ziel- und Datenanalyseansatz: Stichprobenjahre (von 1990 bis 2021), Probenahmestellen (nur Auenregionen) und Probenahmemethoden (Methoden, die die gesamte Gemeinschaft beproben, wie z. B. Gillnetze). Wir schlossen

außerdem Daten aus, die verschiedene Probenahmestellen und Daten mit unvollständiger Artenliste gruppierten. Insgesamt umfasst unser Datensatz 4214 Standorte, und die fruchtfressenden Fischarten sind an 2426 Standorten vertreten (Abbildung 3).

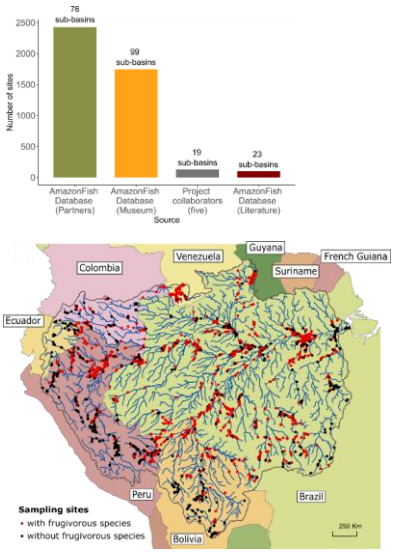


Abbildung 4: Datenbank der Frugivore-Fischgemeinschaften. Obere Grafik, Anzahl der Standorte pro Datenquelle. Abwärts auf der Karte, Probenahmestellen mit (roten Punkten) und ohne (schwarzen Punkten) fruchtfressenden Fischarten, die im Amazonasbecken verbreitet sind.

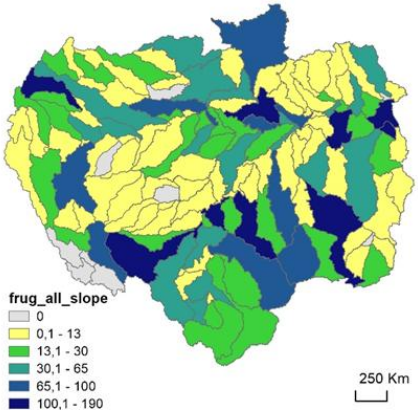


Abbildung 5: Heatmap der Fruchtfresser-Fischarten-Reichweite, gewichtet durch die Vollständigkeit des taxonomischen Wissens für jeden Teilbecken.

Modellierung der Auswirkungen von Waldbedeckung und Landschaftsveränderung auf die Vielfalt fruchtfressender Fische. Eingänge: P1 (FRA), P6 (USA). Wir entwickelten statistische Modelle, um den Einfluss von Landschaftsstrukturprädiktoren auf die Vielfalt fruchtfressender Fische (basierend auf Artenreichtum und -häufigkeiten) auf lokalen und regionalen räumlichen Ebenen für Gebiete mit unterschiedlichen Abholzungsgraden im gesamten Amazonas zu bewerten. Eine erste Analyse im Landschaftsmaßstab und zur Getreide der Probenahme, veröffentlicht im Journal of Biogeography, zeigt, wie Unterschiede in Ernährungspräferenzen die räumliche Verbreitung und Lebensraumzuordnungen der Arten beeinflussen. Genauer gesagt weisen unsere Ergebnisse auf die Abhängigkeit fruchtfressender Arten von den Auenhabitaten hin. Auf der Sub-Entwässerungsskala erstellten wir eine Heatmap, die zeigt, wie sich die Fruchtfresserfischverteilung über den Amazonas verteilt, und hoben Standorte mit höherer Prävalenz von Überschwemmungsgebieten und Feuchtgebieten hervor (Abbildung 4). Modellergebnisse, die in PNAS veröffentlicht wurden, bestätigen den klaren Zusammenhang zwischen fruchtfressenden Artenreichtum und der Ausdehnung und Überschwemmungsdauer von überfluteten Wäldern und zeigen zudem einen positiven Effekt der Waldbaumvielfalt (Abbildung 5) auf den Reichtum der Früchtefressende (in Zusammenarbeit mit dem Amazon Tree Diversity Network). Schließlich zeigen an der Probenahmestelle, die das gesamte Amazonasbecken bedeckt, unsere derzeit in Science überarbeiteten Analysen, dass die Abholzung von Überschwemmungsgebieten die Häufigkeit fruchtfressender Fische verringerte (Abbildung 6). Die Auswirkungen der Abholzung waren am stärksten, wenn man große Flächen (50 km) bewertet und eine Zeitverzögerung von fünf bis sieben Jahren nach der Abholzung berücksichtigt. Diese Ergebnisse unterstreichen, dass fruchtfressende Fische, darunter viele kommerziell wichtige Arten, stark auf

ungestörte Wälder angewiesen sind und dass Abholzung die Interaktion zwischen Tier und Pflanzen sowie die Erholung der Auenwälder stört.

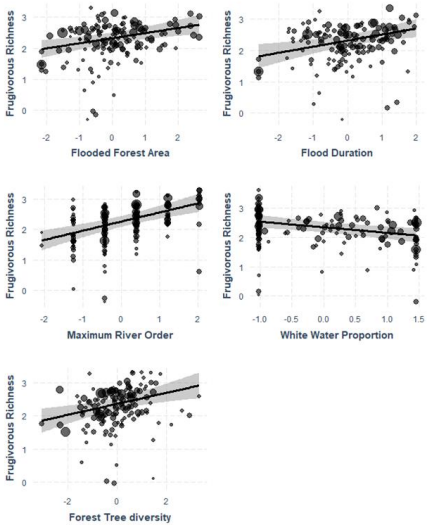


Abbildung 6: Teildiagramme aus linearen gemischten Modellen, die potenzielle räumliche Autokorrelation von großen Nebenflussgruppen steuern. Die Zusammenhänge zwischen der Artenvielfalt der Frugivore und den erklärenden Variablen sind alle äußerst signifikant (schrittweise Auswahl der Variablen, um das beste Modell zu erhalten).

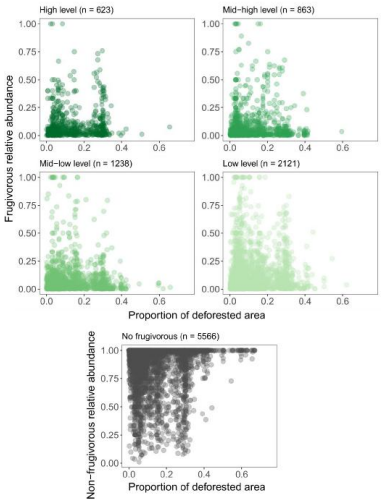


Abbildung 7: Beziehung zwischen dem Anteil der abgeholzten Fläche (berechnet mit einem Puffer von 50 km um jede Probenahme und 5 Jahre vor der Probenahme) und der relativen Häufigkeit fruchtfressender Arten, abhängig von ihrem Fruchtvorstandsniveau.

WP2 – Zukunftsszenarien, die Landnutzungsänderungen, Landschaftsmuster und Ökosystemdienstleistungen verknüpfen

Prognostische Bewertung der Landnutzungsumstellung im Amazonasbecken. Eingänge: P3 (GRE); P10 (BRA). In dieser Aufgabe wurde eine umfassende Bewertung der Landnutzungsübergänge im Amazonasbecken im Zeitraum von 1985 bis 2018 durchgeführt. Unter Verwendung von Daten aus MapBiomas und dem R-Paket OpenLand wurde eine sorgfältige "Intensitätsanalyse" durchgeführt, die systematisch Landnutzungsübergänge prüfte und die Haupttreiber und Faktoren, die zu Abholzungsprozessen beitragen, effektiv erkannte. Die zeitliche Analyse der Landnutzungsänderungen in diesem Zeitraum offenbart bedeutende Veränderungen: eine erhebliche Verringerung von Waldbedeckung, Savanne, überfluteten Wald- und Feuchtgebietenökosystemen, eine bemerkenswerte Erweiterung von landwirtschaftlichen Flächen und nichtbewachsenen Gebieten sowie eine Erweiterung der Gewässer (Abbildung 7). Diese Ergebnisse unterstreichen die komplexen Dynamiken der Landnutzungsmuster im Amazonasbecken und unterstreichen das Zusammenspiel zwischen natürlichen Prozessen und anthropogenen Aktivitäten.

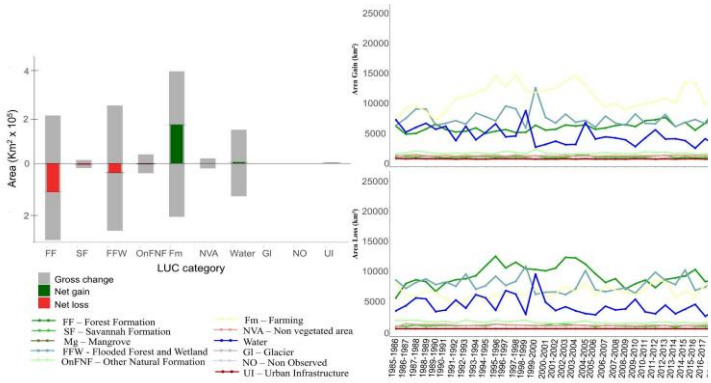
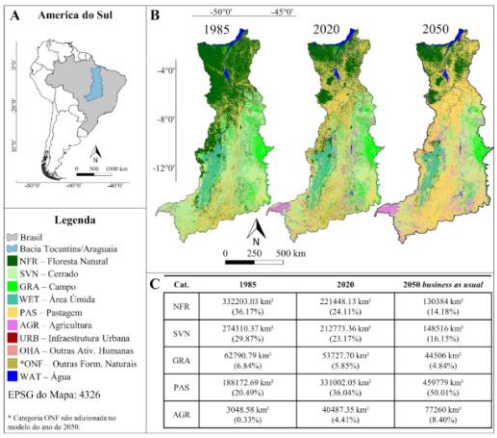


Abbildung 8: Analyse der Nettogewinne, -verluste und Bruttoveränderungen der neun analysierten Landnutzungskategorien im Zeitraum 1985 bis 2020 (links) sowie der entsprechenden zeitlichen Veränderungen (rechts)).

Quantitative Zukunftsszenarien, die Landnutzungsänderungen mit Landschaftsmustern verknüpfen. Eingänge: P3 (GRE); P10 (BRA). Obwohl wir vom CLUMondo-Modell zum Dinamica EGO-Modell übergegangen sind, blieb das Kernziel dieser Aufgabe unverändert: der Fokus auf die Modellierung zukünftiger Landsystemänderungen im Amazonasbecken unter unterschiedlichen Bevölkerungsdichte- und Klimawandelszenarien. Durch die Einbeziehung umfassender Datensätze zu demografischen Trends, Infrastrukturentwicklung und wirtschaftlichen Variablen erleichterte das Dinamica EGO-Modell die Simulation von Veränderungen im Landsystem bis ins Jahr 2090. Diese Modellierung lieferte Szenarien für 2030, 2050, 2070 und 2090 und schloss damit effektiv eine kritische Lücke in unserer Fähigkeit, Landbedeckungstransformationen im Amazonasbecken zu prognostizieren. Es ist wichtig zu beachten, dass der Übergang zu Dinamica EGO zwar einen bedeutenden Meilenstein in unseren Modellierungsarbeiten darstellt, aber weiterhin Anpassungen und Verfeinerungen vorgenommen werden, um die Genauigkeit und Relevanz des Modells bei der Erfassung der Komplexität der Landnutzungsdynamik in dieser Region sicherzustellen. Diese Anpassungen umfassen die Integration zusätzlicher Datensätze, Kalibrierungsprozesse und die Feinabstimmung der Modellparameter. Zum Beispiel begannen wir mit dem Tocantins-Becken als Testregion, da die hohe Vegetationsmenge in den anderen Amazonas-Teilbecken das Modell beeinflusste und wir das Modell mit einem Bereich mit weniger Vegetation kalibrieren mussten (Abbildung 8). Diese Verbesserungen waren unerlässlich, um robuste und verlässliche Prognosen zu erstellen, die nachhaltige Flächennutzungsplanung und Naturschutzstrategien im Amazonasbecken unterstützen können.



C

Cat.	1985	2020	2050 *business as usual*
NFR	332203.03 km² (36.17%)	221448.13 km² (24.11%)	130384 km² (14.18%)
SVN	274310.37 km² (29.87%)	212773.36 km² (23.17%)	148516 km² (16.15%)
GRA	62790.79 km² (6.84%)	53727.70 km² (5.85%)	44506 km² (4.84%)
PAS	188172.69 km² (20.49%)	331002.05 km² (36.04%)	459779 km² (50.01%)
AGR	3048.58 km² (0.33%)	40487.35 km² (4.41%)	77260 km² (8.40%)

Abbildung 9: Resultierende Muster des Dinamica EGO-Modells, angewandt auf das Tocantins-Becken, das ein LULC-Szenario für 2050 liefert.

Lokales LULC-Szenario für qualitative Nachhaltigkeit mit Beteiligung von Interessengruppen. Eingaben: P3 (GRE), P1a (BRA), P4 (BRA), P7 (BRA). Diese Aufgabe konzentriert sich auf die Entwicklung eines qualitativen Szenarios der Landnutzung und Landbedeckungsänderung (LUCC) innerhalb der Überflussregion Madeira/Purus im Amazonasbecken, wobei verschiedene Interessengruppen in einen partizipativen Prozess eingebunden werden. Mit der "Backcasting"-Planungsmethode, die darin besteht, eine wünschenswerte Zukunft zu visualisieren und rückwärts Strategien zu formulieren, die mit dieser Vision übereinstimmen, wurden zwei partizipative Workshops durchgeführt. Diese Workshops bezogen eine Vielzahl von Interessengruppen ein, darunter Fischer, Flussgemeinschaften, Regierungsbehörden, traditionelle amazonische Gemeinden, Schulen und NGOs. Die thematische Struktur der Werkstätten umfasste vier kritische Bereiche: i) Natürliche Ressourcen; ii) Soziale Entwicklung in ländlichen und Fischergemeinden; iii) Wirtschaftliche Aktivitäten, Infrastruktur und Technologie; und iv) institutioneller und politischer Kontext, der Repräsentativität, Demokratie und Rechtsinstitutionen behandelt. Die angewandte Methodik bestand aus strukturierten Fragen, die den Fischern während Sitzungen und Debatten gestellt wurden. Die Fragen zielten darauf ab, Einblicke und Perspektiven zu verschiedenen Aspekten der Landnutzungsdynamik und Umweltveränderungen innerhalb der Gemeinschaft zu gewinnen. Zu den wichtigsten Themen gehörten die Bedeutung der Fischerei für die Teotônio-Gemeinschaft in Porto Velho, Veränderungen der Fischereistrategien im Laufe der Jahre, Veränderungen der Fischereistandorte, die Auswirkungen der Abholzung auf Fischereigebiete, die Wahrnehmung des Einflusses der Abholzung auf die Fischverfügbarkeit, empfohlene Naturschutzmaßnahmen sowie Meinungen zum Konzept entwaldungsfreier Praktiken im Amazonas. Um den Fischern zu helfen, ihre Beobachtungen und Erfahrungen auszudrücken, wurden zwei Karten präsentiert: eine, die die Gemeinde 2009 vor dem Dammbau erstellt hat und die Angelpunkte und die Verteilung der Gemeinschaft zeigt, und eine andere mit Luftbildaufnahmen, die Veränderungen wie abgeholzte Gebiete und Überschwemmungen des Stausees hervorheben. Fischer berieten über diese Karten, identifizierten Veränderungen bei den Angelplätzen und die Auswirkungen des Flusses.

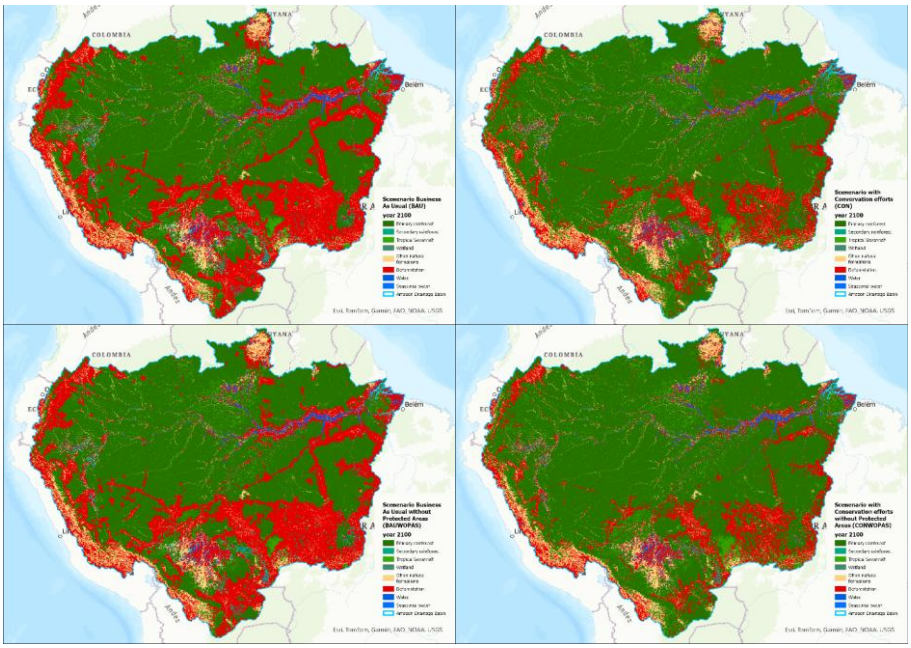
Die Ergebnisse des am 28. Juli 2023 stattfindenden Treffens waren aufschlussreich. Der Bau des Damms führte dazu, dass die Gemeinde fünf Kilometer entfernt umsiedelte, was zu tiefgreifenden Veränderungen im Flussumfeld und in den Fischereipraktiken führte. Zu den Veränderungen gehörten Veränderungen im Flusslauf, Veränderungen im aquatischen Ökosystem, Veränderungen in den Angelgebieten, Qualitätsprobleme mit dem Fang, Störungen in der trophischen Kette und Veränderungen in der Wahrnehmung bezüglich der Abholzung. Fischer befürworteten das Konzept der abholzungsfreien Praktiken im Amazonas und erkannten dessen Bedeutung für den Erhalt der verbleibenden Gebiete an. Bezüglich Naturschutz und Alternativen wurden Hydroponik als praktikable Alternative vorgeschlagen, obwohl aufgrund hydrologischer Veränderungen Herausforderungen bei der Wiederaufforstung festgestellt wurden. Zukunftsambitionen umfassten verbesserten Zugang zu Wasser und Energie, verbesserte öffentliche Gesundheitsdienste, erhöhte Fischproduktion, Landschutz für zukünftige Generationen und das Wachstum der Gemeinschaftsbevölkerung.

Zukünftige Landnutzungsprognosen für das Amazonasbecken, die jährlich von 2021 bis 2100 mit dem Dinamica EGO-Modell erstellt wurden, zeigen konsistente Muster von landwirtschaftlicher Expansion, Waldfragmentierung und struktureller Umgestaltung der Landschaft unter unterschiedlichen Governance-Szenarien. Die Karten für 2030 zeigen die Fortsetzung der jüngsten Trends, mit der Ausweitung der landwirtschaftlichen Grenze über den Abholzungsbogen und entlang wichtiger logistischer Korridore wie BR-163, BR-319 und BR-364. Im Rahmen des Business-as-Usual-(BAU)-Szenarios verstärken sich neu abgeholzte Polygone und Verschlechterungsprozesse in Übergangszonen zwischen Wald und konsolidiertem landwirtschaftlichem Land, insbesondere in Rondônia, im nördlichen Mato Grosso und im südlichen Amazonas, was zu zunehmend heterogenen und fragmentierten Mosaiken führt. Im Conservation (CON)-Szenario erhält eine etwa 80%ige Reduktion der Abholzungsraten umfangreiche Waldblöcke und verlangsamt den Vormarsch in empfindlichen Gebieten, obwohl die lokale Fragmentierung in ökonomen Zonen weiterhin besteht. Das Szenario ohne Schutzgebiete (WOPAS) zeigt eine beschleunigte und räumlich diffuse Ausdehnung, wobei neue Abholzungskerne selbst in derzeit gut erhaltenen Regionen entstehen.

Prognosen für das Jahr 2100 heben die kumulativen Auswirkungen dieser Entwicklungen hervor und zeigen tiefgreifende strukturelle Veränderungen im gesamten Becken. Im BAU-Szenario werden ausgedehnte Teile des östlichen, südöstlichen und südlichen Amazonas stark fragmentiert, wobei

schätzungsweise 68 % der Schutzgebiete Abholzungsniveaus über dem von 2020 liegen. Die landwirtschaftliche Expansion schreitet in Richtung des zentralen Beckens voran, was die Waldkonnektivität verringert und die hydrologische Verwundbarkeit erhöht. Unter WOPAS werden diese Trends verstärkt; bis zu 75 % der aktuellen Schutzgebiete werden voraussichtlich eine höhere Abholzung aufweisen als im Jahr 2020, und mehrere Abholzungskorridore verschmelzen zu kontinuierlichen Umwandlungszonen, was die ökologische Integrität erheblich gefährdet. Im Gegensatz dazu verlangsamt das CON-Szenario den Waldverlust erheblich, wobei etwa 41 % der Schutzgebiete ihre Abholzungswerte von 2020 beibehalten oder senken, wodurch große Blöcke durchgehender Waldbedeckung im zentral-westlichen Becken erhalten bleiben und eine höhere ökologische Konnektivität im gesamten Jahrhundert erhalten bleiben.

Der Vergleich zwischen 2030 und 2100 zeigt einen Übergang von räumlich konzentrierten und reversiblen Mustern hin zu langfristiger struktureller Reorganisation, die durch konsolidierte landwirtschaftliche Regionen, umfassende Fragmentierung und Verlust der Waldkontinuität unter Nicht-Interventionsszenarien gekennzeichnet ist. Die von 2021 bis 2100 produzierte Jahresreihe ermöglicht die Identifizierung von Ausdehnungsraten, zeitlichen Wendepunkten, aufkommenden Konnektivitätsmustern und kumulativen Auswirkungen auf amazonische Landschaften und Ökosysteme und bietet so eine solide Grundlage für territoriale Planung, Naturschutzstrategien und politische Bewertungen auf regionaler und pan-amazonischer Ebene.



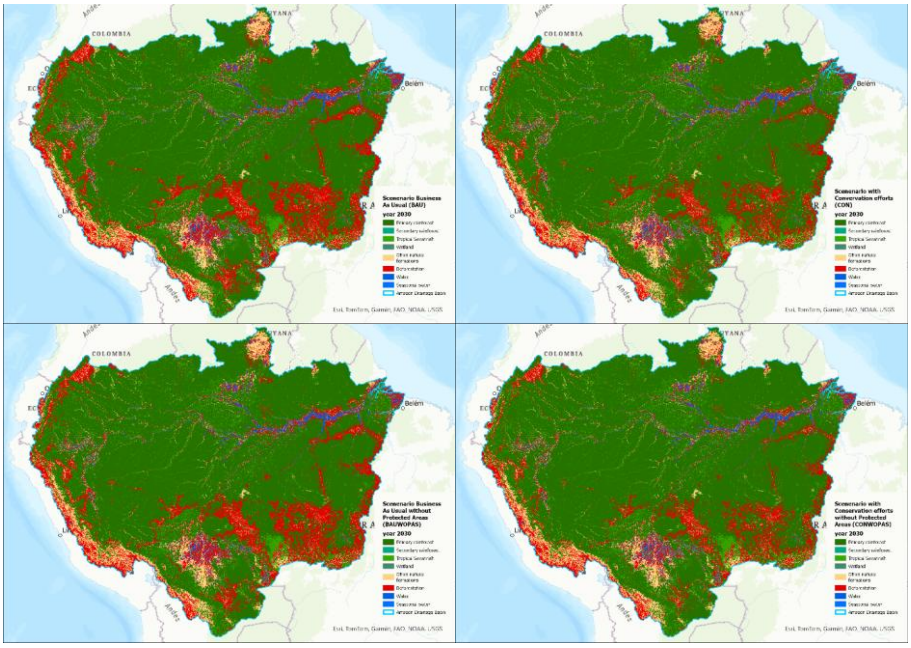


Abbildung 10: Dinamica EGO-Modellergebnisse angewendet auf das Amazonasbecken und bieten ein LULC-Szenario für 2030 und 2100.

Schutzgebiete (PAs) im Amazonas spielen eine zentrale Rolle bei der Begrenzung der Ausweitung der Abholzung und der Erhaltung der Waldkonnektivität und tragen so direkt zur strukturellen Stabilität der Landschaft in allen prognostizierten Szenarien bei. Die jährlichen Simulationen von 2021 bis 2100 zeigen, dass PAs zwar unter unterschiedlichen Governance-Bedingungen die Umwandlungsraten deutlich reduzieren, ihre Effektivität jedoch zwischen den Szenarien deutlich variiert. Unter dem Business-as-Usual (BAU)-Kurs werden etwa 68 % der PAs bis 2100 voraussichtlich höhere Abholzungsraten erleben, wobei sich die Verluste auf nachhaltige Nutzungskategorien und Grenzzonen konzentrieren, die durch Straßennetze, landwirtschaftliche Ausweitung und demografischen Druck ausgesetzt sind. Im Szenario ohne rechtlichen Schutz (WOPAS) steigt dieser Anteil auf etwa 75 %, was zeigt, dass die Abschaffung des Schutzes zu einer schnellen Etablierung neuer Abholzungskerne in ehemals erhaltenen Regionen und zur Zusammenführung von Umwandlungskorridoren führt, insbesondere in den östlichen und südwestlichen Teilen des Einzugsgebiets. Im Gegensatz dazu behält das Naturschutzszenario (CON) etwa 41 % der PAs mit gleichem oder niedrigerem Abholzungsniveau im Vergleich zu 2020, was effektiv als Barrieren für die Grenzexpansion wirkt und insbesondere in den zentralen und westlichen Teilen des Einzugsgebiets eine höhere ökologische Vernetzung sicherstellt. Diese Ergebnisse zeigen, dass PAs langfristig wichtige strukturelle Elemente für die Widerstandsfähigkeit der Amazonas-Landschaft bleiben und dass ihre Wirksamkeit nicht nur von ihrem rechtlichen Status, sondern auch von institutioneller Stabilität und effektiver Kontrolle territorialen Drucks abhängt.

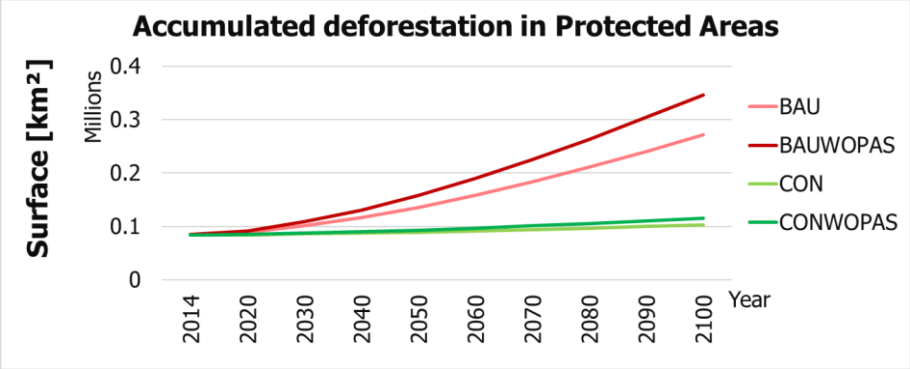


Abbildung 11: Akkumulierte Abholzung in Schutzgebieten (Szenarien)

Abbildung 10 zeigt die kumulative Abholzung, die innerhalb der Schutzgebiete (PAs**) unter** den verschiedenen modellierten Szenarien für das Amazonasbecken prognostiziert wird, unter Verwendung von ForestFisher-Simulationsergebnissen. Die Abbildung zeigt die gesamte angesammelte Fläche der abgewaldeten Pixel (Zellgröße 0,81 km²) innerhalb der Grenzen aller offiziellen PAs und ermöglicht so einen direkten Vergleich darüber, wie der Schutzstatus die Landnutzungsbahnen im Zeitverlauf beeinflusst. Die Kurven zeigen, dass alle Szenarien in PAs zu einem gewissen Maß an Waldverlust führen, aber Ausmaß und Rate unterscheiden sich je nach Versicherungsrahmen erheblich. Das *Business-as-Usual*-(BAU)-Szenario zeigt einen stetigen Anstieg der angesammelten Abholzung im gesamten Jahrhundert, was den anhaltenden Druck durch die landwirtschaftliche Expansion und die Infrastruktur widerspiegelt. Das *WOPAS-Szenario* (ohne Schutz) weist die höchste kumulative Abholzung auf, was darauf hindeutet, dass der Wegfall des rechtlichen Schutzes die Waldumwandlung in den verletzlichsten Polygonen von Pennsylvania beschleunigt. Umgekehrt führt das *Conservation* (CON)-Szenario zur geringsten akkumulierten Abholzung, wobei die Abholzungsbahnen im Vergleich zu BAU früher abflachen. Unterschiede zwischen der BAU und ihrer entsprechenden WOPAS-Variante zeigen auch, wie PAs die Abholzung von Puffern abfedern, selbst wenn der gesamte Trend im gesamten Becken ähnlich bleibt. Aufgrund der in den Szenariodateien verwendeten Auflösung können kleine PA-Polygone aufgrund von Pixelmaßstabsbeschränkungen vollständig abgeholzt oder unverändert erscheinen, aber die aggregierten Kurven in Abbildung 10 fassen die gesamte beckenweite akkumulierte Wirkung zusammen..

WP3 – Vorrangige Bereiche für Naturschutz und Wiederherstellung

Auswirkungen des Klimawandels auf fruchtfressende Fischgemeinschaften. Eingänge: P8 (BRA), P5 (BRA), P1 (FRA), P2 (POR), P3 (GER). Unsere Analysen konzentrierten sich auf die Arten, die nach dem Fruchtfleischgehalt als hochspezialisiert und mittel-hochspezialisiert klassifiziert sind, welche jenen Fischarten entsprechen, die große Anteile an Früchten und Samen verzehren. Von den 26 Arten, die in diese Kategorien klassifiziert sind, wiesen vier (*Lithodoras dorsalis, Serrasalmus calmoni, Serrasalmus aureus* und *Tometes kranponhah*) nicht genügend Vorkommen auf, um eine Verteilungsmodellierung der Art durchzuführen (Anzahl der besetzten Zellen fünfmal so groß wie die Anzahl der nicht-kollinearen Prädiktoren). Die Nischenmodellierung wurde einzeln für jede der 22 verbleibenden Arten durchgeführt, basierend auf unkorrelierten Prädiktoren, die durch die umweltklimatischen Informationen der Standorte mit beobachteten Vorkommensnachweisen repräsentiert wurden. Angesichts der neuen Kombination der durch den Klimawandel verursachten Umweltbedingungen sind die Fischarten gezwungen, geeigneten Umweltklimagradienten zu folgen und so die Struktur der Gemeinschaften neu zu gestalten. Die vorhergesagte Umordnung fruchtfressender Fischgemeinschaften im Amazonasbecken beinhaltet Verschiebungen durch Vertiefung und Phänomene der Verbreitungserweiterung (Abbildung 9a). Von dem Konsensmodell erzeugte und in modellierte Präsenz- und Abwesenheitswerte umgewandelte Eignungsgradienten zeigten, dass bei 17 Arten eine Verbreitungskontraktion erwartet werden, mit

intensiven Verlusten bei *Argonectes longiceps, Brycon pesu* und *Brycon melanopterus*, die voraussichtlich mehr als 70 % bzw. 90 % ihrer Verbreitungsfläche im moderaten Kohlenstoffemissionsszenario von 2030 verlieren werden. bzw. im pessimistischen Szenario von 2090. Umgekehrt wird erwartet, dass fünf Arten ihr geografisches Verbreitungsgebiet erweitern, wobei *Megaleporinus trifasciatus* im pessimistischen Szenario von 2090 seine Verbreitungsfläche verdoppeln wird. Es ist wichtig zu erwähnen, dass die Verbreitungserweiterung durch eine Abnahme der klimatisch-ökologischen Eignung des Lebensraums auf Werte nahe den physiologischen Toleranzgrenzen der Art ausgeglichen werden kann. Dies gilt für *Colossoma macropomum*, das in Zukunft in einem etwas größeren Gebiet mit geringerer Umwelt-Klima-Eignung auftreten wird, wobei der durchschnittliche Wert der klimatischen Eignung in den Jahren 2950-585 0,59 erreichte, verglichen mit dem Durchschnittswert von 0,85 in der Gegenwart. Unsere Ergebnisse zeigen außerdem, dass die Verkleinerung des Verbreitungsgebiets stärkere Auswirkungen auf die kommerzielle Haushaltskonsum-Kategorie auslöst (Abbildung 9b), die zusammen mit der Haushaltskonsumkategorie voraussichtlich mehr als 50 % des geografischen Verbreitungsgebiets der Art verlieren wird (Abbildung 9c), was darauf hindeutet, dass Veränderungen der klimatischen Bedingungen neben negativen ökologischen Auswirkungen auf die Wälder auch sozioökonomische Schäden verursachen werden.

Klimaschutzgebiete sind zentrale Schutzgebiete aufgrund ihrer Fähigkeit, die Auswirkungen ungünstiger klimatischer Bedingungen auf natürliche Arten abzufedern. Im Allgemeinen zeigen unsere Ergebnisse, dass Klimarefugien für amazonische Fruchtfressende derzeit im zentral-nordöstlichen Teil des Flussbeckens konzentriert sind (Abbildung 10a). Die Vorhersagen zukünftiger Klimarefugien sind weiter verteilt und entlang der West-Ost-Achse des Amazonasbeckens verteilt (Abbildung 10 b und c). Der Tapajos-Fluss, Nebenflüsse am rechten Rand des Madeira-Flusses, Nebenflüsse des linken Amazonas-Flusses (zwischen Trombetas- und Negro-Flüssen) sowie der Branco-Fluss zeichnen sich derzeit als wichtigste Klimarefugien hervor, da sie unter Berücksichtigung aller modellierten Arten die 1 % höchsten Umwelt-Klima-Eignungswerte aufweisen (Abbildung 10a). In Zukunft übernehmen hauptsächlich Abschnitte des Purus, Negro River, Japurá und Caquetá dieselbe Rolle (Abbildung 10b und 10c).

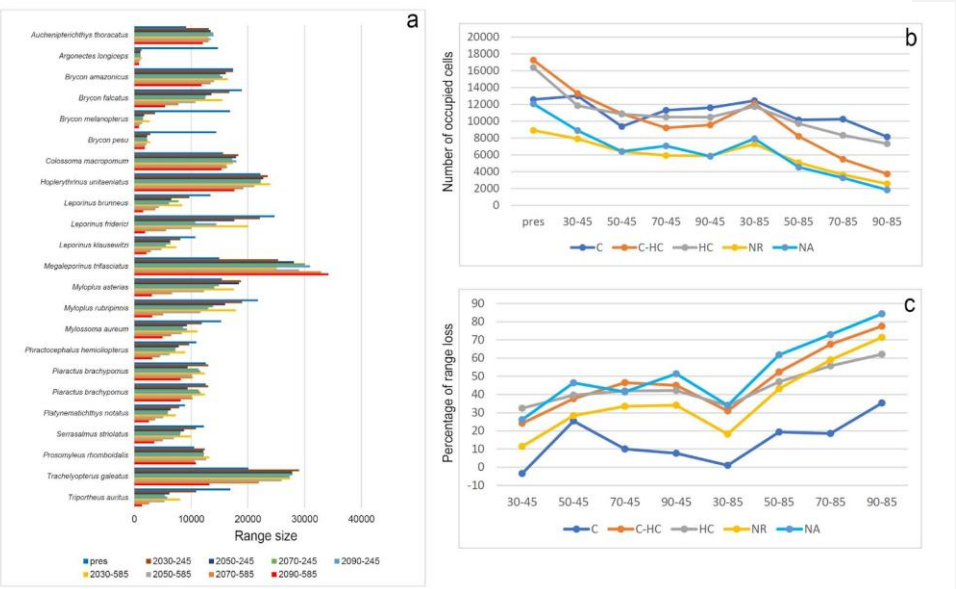


Abbildung 12. Geschätzte Verbreitungsgröße der derzeit 22 fruchtfressenden Fischarten des Amazonasbeckens sowie zu unterschiedlichen zukünftigen Zeiten und Szenarien für Kohlenstoffemissionen (a); Anzahl der besetzten Zellen (b) und prozentualer Verlust am Gebiet (c) für verschiedene Fischereikategorien (C = gewerblich, C-H gewerblicher Haushaltsverbrauch, H = Haushaltsverbrauch, NR = nicht relevant für die Fischerei, NA = keine verfügbaren Informationen) zu unterschiedlichen Zeiten und CO_2-Emissionsszenarien. In (a) stellt die x-Achse die temporale Reihe dar, die mit Kohlenstoffemissionen gekoppelt ist. 245 und 585 entsprechen moderaten SSP2-4,5 und pessimistischen SSP5-8,5, in (b) und (c) stellt die x-Achse die temporale Reihe und die Kohlenstoffemissionsszenarien dar, 45 und 85, entsprechend moderatem SSP2-4,5 und pessimistischem SSP5-8,5.

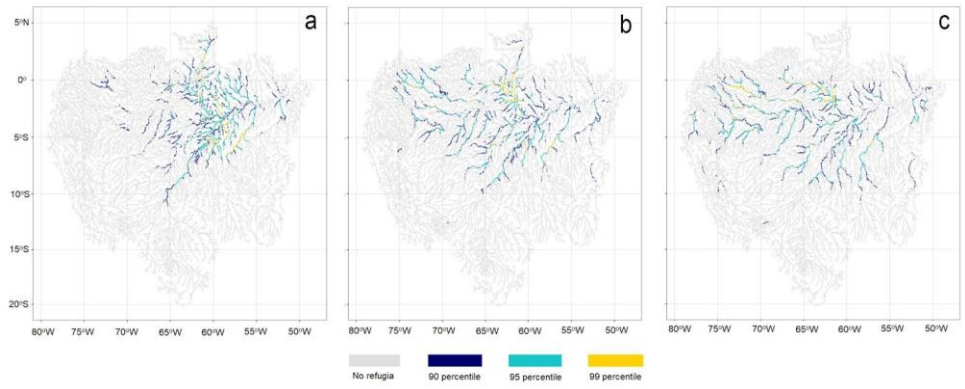


Figure 13: Climate change refugia of frugivorous fish of the Amazon for current time (a), and for the mildest and more severe climate change scenarios considered in this study, corresponding respectively to the moderate carbon emission scenario of 2030 and pessimistic carbon emission scenario of 2090. Climate refugia were estimated for the percentiles 90th, 95th and 99th%, which correspond to the thresholds that select, respectively, the 10%, 5% and 1% of cells with the highest average frequency values, representing the rivers with the greatest probability of safeguarding a greater number of frugivorous species in the Amazon River basin at different times.

Abbildung 13: Klimawandel-Refugien von frugivoren Fischen des Amazonas für die aktuelle Zeit (a) sowie für die mildesten und schwerwiegenderen Klimawandelszenarien, die in dieser Studie betrachtet wurden, entsprechend dem Szenario der moderaten Kohlenstoffemissionen von 2030 und dem pessimistischen Kohlenstoffemissionsszenario von 2090. Klimarefugien wurden für die Perzentile 90, 95 und 99 % geschätzt, die den Schwellenwerten entsprechen, die jeweils 10 %, 5 % und 1 % der Zellen mit den höchsten durchschnittlichen Frequenzwerten auswählen und die Flüsse repräsentieren, die zu verschiedenen Zeiten die größte Wahrscheinlichkeit repräsentieren, eine größere Anzahl fruchtfressender Arten im Amazonasbecken zu schützen.

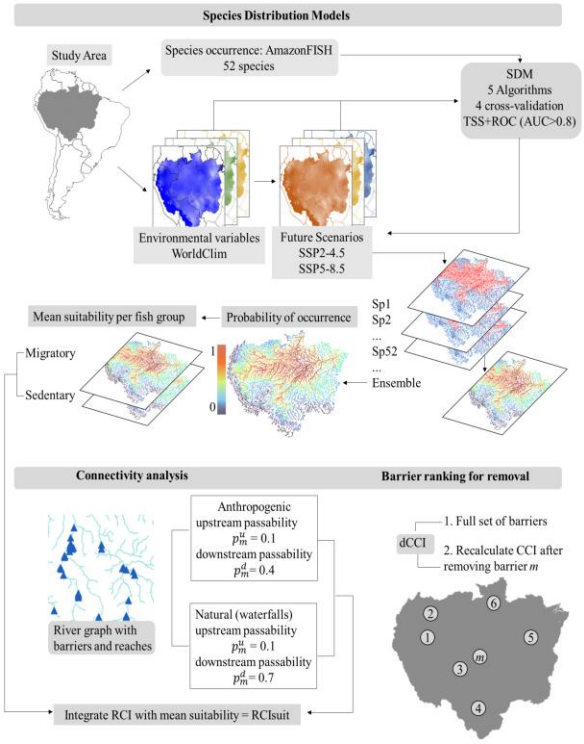


Figure 14: Schematic representation of the modelling workflow consisting of Species Distribution Models (top), connectivity analysis (bottom left) and barrier prioritization (bottom right) for current and future barriers, considering climatic-environmental suitable habitats of 52 fish species of the Amazon basin. SSP = Shared Socioeconomic Pathway; RCI = Reach Connectivity Index; RCIsuit = Reach Connectivity Index weighted by suitability; CCI = Catchment Connectivity Index; dCCI = gain in connectivity by barrier removal.

Wirksamkeit von Schutzgebieten (PAs). Eingänge: P2 (POR), P5 (BRA), P8 (BRA). Um die Rolle der PAs beim Schutz von Fischarten zu bewerten, wurden in dieser neuen Aufgabe die gegenwärtigen und zukünftigen Verbreitungen der Arten mit dem bestehenden PAs-Netzwerk verglichen. Für jede Art wurde das Repräsentativitätsniveau in einem gegebenen PA-Netzwerk als mittlerer prozentualer Überlappungswert (MPO) berechnet. MPO zwischen der fruchtfressenden Fischverteilung und dem PA-Netzwerk im Amazonas zeigte einen sehr schlechten Schutz (Abbildung 12), mit Anteilen von 7 % bis 20 % der berücksichtigten PAs (Integral Protection Units oder Sustainable Use Protected Units)).

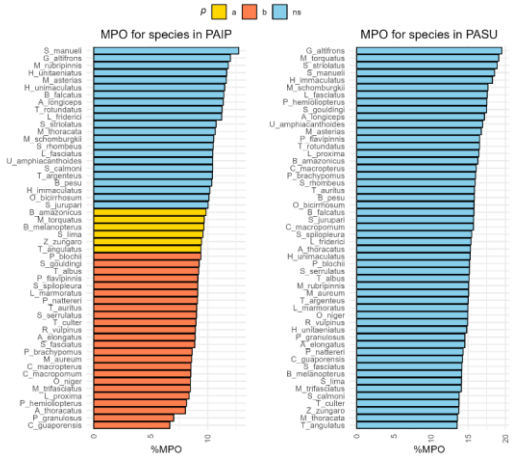


Abbildung 15: Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die Interaktion zwischen Fisch und Wald. Eingänge: P5 (BRA), P8 (BRA). Wir bewerteten die Auswirkungen des Klimawandels auf die Verbreitung zweier hochfruchtfressender Fische und verwandter Baumarten, die von diesen Arten konsumiert werden. Wir wollten die Entkopplungsprozesse in der Fisch-Wald-Interaktion im Amazonasbecken aufgrund der Artenumverteilung als Reaktion auf ein sich ständig veränderndes Klima abschätzen. Wir verwendeten die Connectance-Metrik, die das Verhältnis zwischen den tatsächlichen Fütterungsinteraktionen und den möglichen darstellt (Pimm, 1982; Jordano, 1987), von 0 (keine Wechselwirkungen) bis 1 (Wechselwirkungen zwischen allen Arten innerhalb der Gruppen). Die Fisch-Wald-Konnektenzanalyse zeigt eine wichtige Entkopplung in der zukünftigen gemeinsamen Verbreitung der beiden analysierten Fischarten und der ausgewählten Baumarten, bis zu einer Entkopplung von 93 % im pessimistischsten Klimaszenario. Schwerpunktbereiche. Eingänge: P1 (FRA), P2 (POR), P3 (GER), P5 (BRA), P8 (BRA)).

WP4 – Partizipative Landnutzungsplanung: ein Protokoll mit Interessengruppen Partizipative Fischereiüberwachung durch Bürgerwissenschaft. Eingaben: XXX. Das Kernziel dieser Initiative ist es, partizipative Bürgerwissenschaft als primäre Methode zur Erfassung wichtiger Fischereidaten einzusetzen. Indem wir lokale Gemeinschaften – einschließlich erfahrener Fischer und Studierende – aktiv einbinden, wollen wir kritische Informationslücken schließen und ein gemeinsames Verantwortungsbewusstsein für das Management und den Schutz der aquatischen Ökosysteme im Madeira-Flussbecken fördern. Dieser kollaborative Ansatz verbessert nicht nur unsere Datenerhebungskapazitäten, sondern befähigt auch lokale Akteure, wichtige Partner für eine nachhaltige Zukunft der Fischereien der Region zu werden. Unsere Methodik verband systematische Feldüberwachung mit gemeinschaftsgeleiteter Datenerhebung, ein dualer Ansatz, der bedeutende quantitative und qualitative Ergebnisse erzielte. Zwischen 2022 und 2024 haben wir über 120 ehrenamtliche Fischer und Studierende eingebunden und ausgebildet, um Fischereidaten mithilfe der ICTIO-Bürgerwissenschaftsanwendung zu sammeln. Wir bezogen Flussuferschulen in São Carlos und Cujubim ein, wo Schüler Umfragen und Interviews mit lokalen Fischern durchführten, um ökologische und sozioökonomische Informationen zu sammeln. Wir haben 2022 und 2023 systematische Überwachung der Fischereilandungen der drei Hauptvermittler auf dem Markt Colônia Z1 / Cai n'Água in Porto Velho durchgeführt. Gemeindeerhebungen in Cujubim ergaben, dass Fisch 35 % des konsumierten Proteins ausmacht, während fruchtfressende (fruchtfressende Arten) 40 % des Fischkonsums ausmachen. Wir haben erfolgreich lokale Jugendliche eingebunden und praktisches Datenanalysetraining in Excel für 49 Schüler angeboten. Diese robuste Datenerhebung bot eine solide Grundlage für eine tiefere Analyse langfristiger ökologischer Trends, geleitet von den unschätzbaren Perspektiven lokaler Fischer.

Status der fruchtfressenden Arten und Fischereigebiete basierend auf kognitiven Karten und der Wahrnehmung der Fischer. Eingaben: XXX. Die Integration der qualitativen Erkenntnisse erfahrener Fischer mit einer langfristigen quantitativen Analyse ist strategisch unerlässlich. Dieser doppelte Ansatz bietet ein umfassendes, nuanciertes Verständnis davon, wie tiefgreifende Abholzung und der Bau von Wasserkraftwerken die Fischbestände und traditionelle Fischereigebiete beeinflusst haben. Diese Synthese empirischer Daten und gelebter Erfahrung ist entscheidend für die Entwicklung effektiver, kontextbewusster Erhaltungsstrategien. Teilnehmende Workshops wurden in vier Flussgemeinden durchgeführt: Jaci-Paraná, Vila Nova Teotônio, Cujubim und São Carlos. Insgesamt nahmen 23 sehr erfahrene Fischer an diesen Sitzungen teil. Mit kognitiven Kartierungstechniken (Abbildung 13), die auf Satellitenbildern überlagert wurden, dokumentierten und diskutierten diese Fischer bedeutende Veränderungen in ihren Fischereigebieten und Ressourcen im vergangenen Jahrzehnt. Fischer

berichteten durchweg von bedeutenden Umweltveränderungen durch den Bau von Dammen, darunter erschöpfte Fischbestände und die Notwendigkeit, viel weiter zu reisen, um produktive Fanggründe zu finden. Dies beinhaltete nicht nur weniger Fische, sondern auch eine deutliche Verringerung ihrer durchschnittlichen Größe, wobei Langzeitdaten beispielsweise eine Verringerung der durchschnittlichen Größe gefangener Pirapitinga um 10 cm zeigen (Abbildung 14). Die Teilnehmer zogen einen direkten Zusammenhang zwischen regionaler Abholzung und der Verschlechterung aquatischer Ökosysteme und identifizierten Lebensraum- und Nahrungsverlust für Fische als primäre Folge sowie steigende Wassertemperaturen. Die kognitiven Karten dokumentierten Schlüsselbereiche der Abholzung und veränderte Fischereimuster, die durch den Betrieb des Wasserkraftwerks Santo Antônio entstanden. Diese qualitativen Wahrnehmungen wurden dann durch Datenanalysen der Landungen bestätigt. Ein Rückgang des gesamten Fischfangs um 70 % auf dem Markt von Porto Velho über einen Zeitraum von 20 Jahren entspricht einem Anstieg der Abholzung um 16,5 % im gesamten Becken (Abbildung 15). Diese quantitative Korrelation bestätigt jahrzehntelange anekdotische Beobachtungen der Fischereigemeinschaften und bestätigt, dass ihre wahrgenommenen Verluste eine messbare ökologische Krise darstellen.

Abbildung 16: Bild des Treffens mit Fischern aus der Jaci Paraná-Gemeinschaft (links) zur Erstellung einer kognitiven Karte (rechts)).

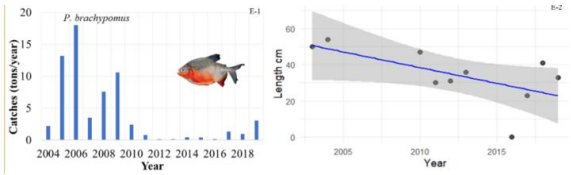


Abbildung 17: Jährliche Landungen in Tonnen und durchschnittliche Längen mit Standardabweichung

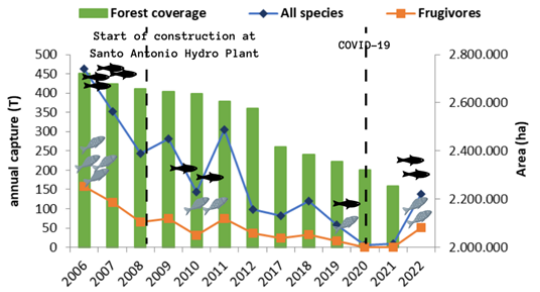


Abbildung 18: Zeitliche Trends bei Waldbedeckung und fruchtfressenden Fischarten bei jährlichen Fängen. Das Startdatum des Baus des Santo-Antonio-Staudamms und die Covid-Phase sind markiert.

Datenbank der von Fischen verzehrten Früchte. Eingaben: XXX. Ziel dieser Arbeit war es, die erste detaillierte, gemeinschaftsbasierte Datenbank fruchttragender Pflanzen zu erstellen, die für die Ernährung fruchtfressender Fische in der Region unerlässlich sind. Diese Datenbank dient als wissenschaftliches grundlegendes Werkzeug, das effektive und ökologisch angemessene Wiederherstellungspläne leiten soll. Indem wir die spezifischen Pflanzen identifizieren, die wichtige Fischpopulationen erhalten, können wir sicherstellen, dass die Wiederaufforstung gezielt, effizient und in der Lage ist, kritische Ökosystemfunktionen wiederherzustellen. Mit Hilfe einer Bürgerwissenschaftsmethodik führten Schüler von Gemeindeschulen in São Carlos und Cujubim strukturierte Interviews mit lokalen Fischern durch, um zu dokumentieren, welche Früchte und Samen Fische konsumieren, und die spezifischen Umgebungen – wie überflutete Wälder und Flussufer –, in denen diese Nahrungsquellen vorkommen. Sie berichteten über 32 verschiedene Kategorien einheimischer Früchte und Samen, die als Nahrung für kommerziell und ökologisch wichtige fruchtfressende Fische dienen. Eine wichtige ökologische Erkenntnis zeigte sich: Die Periode der größten Häufigkeit für fruchtfressende Arten von Juni bis August steht in direktem Zusammenhang mit sinkenden Wasserständen. In dieser Zeit ernähren sich die Fische aktiv von Früchten und Samen entlang der Flussufer und in den überfluteten Wäldern (igapó), was eine wichtige saisonale Verbindung zwischen Wald und Fluss hervorhebt.

Bau der Pilot-Baumschule und Einleitung von Restaurierungsmaßnahmen. Eingaben: XXX. Diese praktischen Aktivitäten stellen die direkte, handlungsorientierte Reaktion des Projekts auf unsere Forschungsergebnisse dar. Die Gründung einer gemeinschaftsbasierten Baumschule, die Organisation von Saatgutsammlungsexpeditionen und die Initiierung von Pflanzaktivitäten bilden die entscheidende Verbindung zwischen wissenschaftlichem Verständnis und praktischer Konservierung. Diese Arbeit übersetzt Daten in greifbare ökologische Erholung und befähigt Gemeinden, die Lebensräume aktiv wiederherzustellen, von denen ihre Lebensgrundlagen abhängen. Wir führten drei Saatgutsammlungsexpeditionen durch, bei denen 43 fruchttragende Pflanzenarten, die für Fischpopulationen von entscheidender Bedeutung sind, gesammelt und identifiziert wurden. An der Raimundo Nonato Vieira da Silva Schule in Cujubim wurde eine 5x5 Meter große Pilot-Kindergärtnerin errichtet. Wir integrierten Umweltbildungskurse für lokale Schüler als Kernbestandteil des Kindergartenprogramms, an dem etwa 80 Schüler teilnahmen. Die Pilotbaumschule hat erfolgreich 1.650 Setzlinge von sieben Prioritätsarten produziert.

Forschungskonsortium-Treffen.

Das ForestFisher-Projekt bietet einen interdisziplinären Ansatz und bringt Forscher mit unterschiedlichen Fachkenntnissen zusammen, darunter Fischbiologie und Ökologie, räumliche Modellierung, Fischereiüberwachung, Landnutzungsmanagement und Umweltsozialwissenschaften

sowie staatliche und nichtstaatliche Organisationen. Unser Projekt profitiert von Synergien zwischen Teams aus Partnerländern aufgrund der miteinander verknüpften Struktur des Projekts, wobei Arbeitspakete und Aufgaben die Expertise verschiedener Partner erfordern und Ergebnisse und Datensätze erzeugen, die für die Weiterentwicklung anderer Projektaufgaben und -ziele notwendig sind. Dies zeigt sich in der Beschreibung von Milestones und Ergebnissen sowie in der Darstellung der wissenschaftlichen Ergebnisse des Projekts, bei denen fast alle Aufgaben von Beiträgen von mindestens zwei Projektpartnern erledigt wurden. Diese enge Zusammenarbeit zwischen Partnern wird durch die Koordination und das Management des Projekts verstärkt, bei dem jedes WP von zwei Partnern geleitet wird, meist aus unterschiedlichen Ländern und mit wissenschaftlichem Hintergrund: WP1 von P1 (FRA) und P6 (USA), WP2 von P3 (GRE) und P10 (BRA), WP3 von P2 (POR) und P8 (BRA) sowie WP4 von P4 (BRA) und P7 (BRA). Innerhalb und zwischen jedem WP wurden zahlreiche virtuelle Meetings über Plattformen wie Zoom und Google Meet durchgeführt. Diese virtuellen Treffen spielten eine entscheidende Rolle bei der Koordination und Weiterentwicklung des Projekts. So wurden beispielsweise monatliche Treffen zwischen P1 (FRA) und P6 (USA) abgehalten, um die Arbeit des verwandten Postdoktoranden bei der Veröffentlichung der endgültigen Liste der Frugivorenarten und der statistischen Modelle zur Beziehung der Waldbedeckung zu deren Verbreitung im Amazonas zu leiten. Eine ähnliche Funktion ist in WP2 etabliert, wo mehr als sechs Treffen mit der NGO Ecoporé (P1a, BRA), P10 (BRA) und P7 (BRA) stattfanden. Diese Treffen halfen bei der Entwicklung robuster Methoden zur Bewertung von Landnutzungsübergängen und zur Modellierung zukünftiger Szenarien im Amazonasbecken. Die Verbreitung von Ideen, Daten und Erkenntnissen durch diese virtuellen Treffen spielte eine entscheidende Rolle für den Fortschritt der Projektaufgaben sowie für die effektive Organisation und Umsetzung der virtuellen und persönlichen Generalversammlungen.

Virtuelle Treffen fanden auch zwischen den WPs statt. Beispielsweise helfen virtuelle Treffen zwischen P1 (FRA), P4 (BRA) und P7 (BRA) beim Fortschritt der in den Abbildungen 13, 14 und 15 dargestellten Analysen. Diese gegenseitigen Abhängigkeiten innerhalb und zwischen WPs zeigen sich weiter durch den Austausch von festen und nicht-permanenten Forschern über lange oder kurze Zeiträume zwischen den Konsortiumsländern (siehe untenstehende Tabelle). So förderte beispielsweise die Zusammenarbeit zwischen P1 (FRA) und P9 (BRA) durch einen dreimonatigen Besuch in Frankreich den Fortschritt von Aufgabe 3.2 und stärkte die Beziehungen zwischen den Mitgliedern von WP1 und WP3, was potenziell zu zukünftigen Kooperationen führen könnte. Ein weiteres Beispiel war die Zusammenarbeit zwischen P1 (FRA) und P7 (BRA) durch einen einmonatigen Besuch in Frankreich, um die Analysen und das Schreiben zu Aufgabe 4.1 voranzutreiben. ForestFisher bringt zudem einen Mehrwert durch synergetische Interaktionen mit mehreren früheren und laufenden nationalen und internationalen Forschungsprojekten: Amazon Tree Diversity Network; ICTIO-Ciencia Cuidadana para la Amazonia; AmazonFish (siehe Abschnitt 3.3 für weitere Details zu diesen Kooperationen).

Zusammenfassungstabelle der Austauschprogramme von Forschern über lange oder kurze Zeiträume zwischen Konsortiumsländern **N°**	**Termine**	**Person and origin**	**Bestimmungsort**	**Zweck**
1	16. bis 19. Mai 2023	Dayani Bailly (P8), BRA	P3 (GER)	Tiefgehende Diskussionen über Aufgabe 3.2, die eng mit der Entwicklung zukünftiger Szenarien durch Aufgabe 2.2 verknüpft ist, die Landnutzungsänderungen mit Landschaftsmustern

				verbinden. Diese Szenarien beinhalten außerdem die Erstellung von Karten, die mit ökologischen Nischenmodellen kompatibel sind (Aufgabe 3.1), die die Auswirkungen des Klimawandels auf fruchtfressende Fischgemeinschaften untersuchen, und Aufgabe 3.3, die sich auf die Identifizierung von Prioritätsgebieten konzentriert.
2	15. bis 19. Mai 2023	Marcelo Leandro Bueno (P5), BRA Valéria Flávia Batista da Silva (P5), BRA Vanessa Pontara (P5), BRA	P2 (POR)	Die Forschungsinitiative konzentrierte sich auf die Ausbildung im Personalwesen. Ein Kurs zur Modellierung der Artenverteilung wurde an Postgraduierte des Instituto Politécnico de Bragança P2 (POR) sowie an anderen Universitäten in Portugal, Spanien und Frankreich unterrichtet. Die Studierenden hatten die Möglichkeit, ihr Wissen über Biodiversitätsanalysen und -naturschutz zu vertiefen. Der Kurs bestand aus theoretischen und praktischen Komponenten, die grundlegende Konzepte des ökologischen Modellierungsansatzes, der Behandlung und Manipulation biologischer und ökologischer Daten, der Bewertung der Modellleistung, der Anwendung von Artenverteilungsmodellen, einschließlich der Bewertung der Auswirkungen des Klimawandels, Modellierungen der Artenverteilung für gegenwärtige und

				zukünftige Zeiten sowie der Interpretation von Ergebnissen abdeckten. Der Kurs betreute 18 Studierende, und ein wissenschaftlicher Artikel wird von den am Projekt beteiligten Studierenden und Professoren entwickelt.
3	22. Mai bis 31. Mai 2023	Sandra Correa (P6), USA	P1 (FRA)	Finalisierung der Liste der Frugivoren-Arten; Festlegung der in den Analysen verwendeten Methodik auf Subdrainage-Ebene, um den Zusammenhang zwischen fruchtfressenden Artenreichtum und Überflutungsausdehnung, Hochwasserdauer und Baumvielfalt im Wald festzustellen; Geben Sie dem Postdoktoranden Beratung zu laufenden Analysen der Auswirkungen der Abholzung auf die Häufigkeit von Frugivoren.
4	1. September bis 30. November 2023	Fernanda Cassemiro (P9), BRA	P1 (FRA)	Tiefgehende Diskussionen zu Aufgabe 3.2 von WP3 bezüglich des Verlusts der longitudinalen Konnektivität durch Infrastrukturen sowie Analysen zur Bewertung der Auswirkungen von LUCC und dem Bau von Barrieren für die Interaktionen zwischen Wäldern und fruchtfressenden Fischen, unter Verwendung von "Circuitscape", einem Konnektivitätsmodellierungs- und Analysetool für den Naturschutz. Dieser Besuch war entscheidend, um den Meilenstein M10 zu erreichen. Das zugehörige lieferbare D12,

				einschließlich aktueller und zukünftiger Szenarien, erforderte nach dem Besuch weitere Anstrengungen.
5	23. September bis 20. Oktober 2022	Master's students Danielle Mendonça Pinto and Paulo Bonavigo from (P7), BRA	P2 (POR)	Diese beiden MSc-Studierenden wurden durch IPB-Stipendien unterstützt, um an WP4-Aufgaben beteiligt zu sein. Ihr Besuch beim IPB half, administrative Fragen im Zusammenhang mit diesen Zuschüssen zu lösen und die jeweiligen Rollen in der Zusammenarbeit zur Analyse der WP4-Daten zum Status fruchtfressender Arten aus dem mittleren Madeira-Fluss festzulegen.
6	September 2023 bis September 2024	Marcelo Rodrigues dos anjos (P4), BRA	P2 (POR)	Einrichtung eines technischen Kooperationsabkommens zwischen der Universidade Federal do Amazonas und dem Instituto Politécnico de Bragança zur Analyse der räumlich-zeitlichen Dynamik kleiner Fischereianlandungen mittels sozialer Technologien im Purus-Madeira-Interfluve, Südwest-Amazonas,.
7	29. September bis 19. Oktober	Carolina Doria	P7 (BRA)	Tiefgehende Diskussionen zu Aufgabe 4.1 von WP4 bezüglich des Status von fruchtfressenden Arten und Fischereigebieten basierend auf kognitiven Karten und Fischerwahrnehmung. Dieser Besuch verbesserte die Analysen und das Schreiben des zugehörigen Manuskripts, das in naher Zukunft unter dem Titel veröffentlicht werden soll: "Die Auswirkungen der Abholzung auf Umwelt-

				und Fischereiveränderungen in Flussufergemeinschaften des Madeira-Flussbeckens: Eine 15-Jahres-Analyse von Wahrnehmungen und Evidenz".
8	Ende März 2024	Edivando Do Couto	P1 (FRA)	Tiefgehende Diskussionen und praktische Fortschritte bei Aufgabe 3.3 von WP3 betreffend die Prioritätsbereiche basierend auf Erhaltungs- und Wiederherstellungszielen und definiert mit Optimierungs- und Heuristikalgorithmen unter Verwendung des Prioritizr-R-Pakets.

Summary table of general meetings

N°	Datum	Ort (einschließlich großer Online-Meetings)	Teilnehmende Partner	Zweck
1	11th and 20th April 2022	online	Alle	Diese beiden Treffen markierten offiziell den Beginn unseres gemeinsamen Projekts ForestFisher und wurden organisiert, um ein gemeinsames Verständnis der wissenschaftlichen Fragestellungen, der Rolle und Verantwortlichkeiten jedes von uns, des Gesamtansatzes und des Zeitplans des Projekts zu gewährleisten sowie die Projektmanagementverfahren zu besprechen.
2	2. Dezember 2022	online	P1, P2, P3, P4, P5, 06, P7, P8, P9	Dieses kurze Treffen war das zweite offizielle Treffen unseres gemeinsamen Projekts ForestFisher und wurde organisiert, um den Kontakt zwischen allen Partnern aufrechtzuerhalten, mögliche oder aktuelle Probleme eines Mitglieds zu besprechen und mit der Organisation des nächsten persönlichen Treffens zu beginnen, das im Mai 2023 in Portugal stattfinden soll.

3	23. Mai bis 25. Mai 2023	In person	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P1a	Dieses dreitägige Treffen ist das dritte offizielle Treffen des Projekts ForestFisher und wurde organisiert, um sich persönlich zu treffen, den Kontakt zwischen allen Partnern zu stärken, die Fortschritte und den Stand jedes WP vorzustellen sowie mögliche oder aktuelle Probleme eines Mitglieds zu besprechen.
4	13. Februar 2024	online	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P1a	Dieses halbtägige Treffen war das vierte offizielle Treffen unseres Projekts und wurde organisiert, um den Fortschritt aller Aufgaben zu bewerten und mögliche oder anhaltende Probleme eines Mitglieds zu besprechen, das bestimmte Ziele und Ergebnisse verzögern könnte, sowie um mit der Organisation des letzten persönlichen Treffens im Dezember 2024 in Porto Velho (Brasilien) zu beginnen.
5	10th to 12th December 2024	In person	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P1a	Dieses dreitägige Treffen war das abschließende offizielle Treffen des Projekts ForestFisher. Sie wurde in Porto Velho im Hauptsitz von ECOPORE, dem NGO-Partner des Projekts, organisiert, und wir hatten die Gelegenheit, eine der örtlichen Fischergemeinschaften zu besuchen und das Wasserkraftwerk von Santo Antonio zu besichtigen. In diesem Treffen zeigten alle Partner Fortschritte ihrer jeweiligen WPs und wichtigsten Erfolge. Das half bei der Verfeinerung der letzten Schritte des Projekts. Während dieses Treffens wurde außerdem eine Sondersitzung mit Interessengruppen aus dem lokalen Umweltsektor und Führungskräften der Fischereikolonie Porto Velho organisiert, um Rückmeldungen zu geben und die Forschungsergebnisse zu diskutieren.

3.5. Ergebnisse für das Forschungskonsortium

	Bewertung (3=Hauptergebnis, 2=mittleres Ziel, 1=geringes Ergebnis, n/a= nicht anwendbar)

1. Erhöhte Forschungskapazität	3
2. Verbesserte wissenschaftliche Evidenzbasis	2
3. Ein breiteres Projektdesign, das ursprünglich geplant war (z. B. wegen besseren Zugangs zu Feldstandorten aus verschiedenen Ökosystemen, Stakeholdern, Methoden, ...)	1
4. Integration bestehender Datensätze, Zeitreihen usw. von Konsortiumspartnern und/oder anderen Projekten	3
5. Zugang zu (spezieller) Infrastruktur, die an der eigenen Institution oder im eigenen Land nicht verfügbar ist	3
6. Entwicklung / Produktion neuer Methoden, Daten oder Technologien	2
7. Entwicklung / Etablierung eines neuen / verbesserten Produkts oder einer Dienstleistung	3
8. Entwicklung / Etablierung eines neuen technischen Prozesses	3
9. Entwicklung / Etablierung eines neuen Organisationsprozesses	2
10. Besserer Zugang zu internationalen Netzwerken / Märkten	1
11. Besseres Verständnis anderer europäischer Kulturen / Themen	n/a
12. Erweitertes Forschungsnetzwerk für Zusammenarbeit (zum Beispiel zur Konkurrenz um zukünftige europäische Projektfinanzierungen, ...)	2
13. Verbesserte Ausbildung von Forschern, die ihre Karriere beginnen	2
14. Ein besseres Verständnis der Bedürfnisse der Stakeholder	3
15. Neue Ideen für die wissenschaftliche Kommunikation	2
16. Sonstig(e) (angeben):	

Stakeholder-Beteiligung vor, während und nach der Projektlaufzeit

4.1 Allgemeine Berichterstattung zur Stakeholder-Beteiligung

Eines der Hauptziele des ForestFisher-Projekts ist es, eine große Bandbreite von Interessengruppen – von Naturressourcenverwaltungsbehörden bis hin zu traditionellen Gemeinschaften – in die Debatte über die Auswirkungen von Klimawandel und Abholzung im Amazonas einzubeziehen und Lösungen durch eine partizipative Flächennutzungsplanung vorzuschlagen, die diese vielfältigen Elemente der sozialen Landschaft integriert. Unser Ansatz beginnt damit, lokale Gemeinschaften durch Bürgerwissenschaft zu stärken, um kritische Datenlücken zu schließen. Diese Daten werden dann mit dem tiefgründigen ökologischen Wissen lokaler Fischer kombiniert, um die Auswirkungen von Umweltveränderungen zu verstehen. Dieses von der Gemeinschaft gehaltene Wissen kodifizieren wir dann in eine wissenschaftliche Datenbank und schaffen so eine Grundlage für direkte, gezielte Aktionen. Schließlich übersetzen wir dieses wissenschaftliche Verständnis in greifbare ökologische Wiederherstellung durch gemeinschaftsbasierte Baumschulen und Wiederaufforstung. Diese Erzählung zeigt eine ganzheitliche, wissenschaftlich fundierte und gemeinschaftsgetriebene Strategie zur

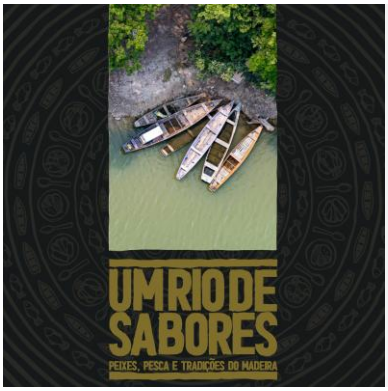
Wiederherstellung und zum Schutz eines lebenswichtigen Amazonas-Ökosystems sowie der darin erhaltenen Ressourcen.

Das Projekt profitiert von der Einbindung zweier brasilianischer Akteure als Partner des Forschungsteams, des CEMADEM (des Nationalen Zentrums für Überwachung und Warnungen vor Naturkatastrophen des Ministeriums für Wissenschaft, Technologie, Innovation und Kommunikation, S. 10) und der Umwelt-NGO Ecoporé (P1a). Wir profitieren auch von der Beteiligung lokaler Forscher der Bundesuniversität Rondônia und der Bundesuniversität Amazonas (P4 und P7), die ihre langjährige Erfahrung in engen Interaktionen mit brasilianischen Institutionen sowie lokalen Fischereigemeinschaften und -schulen einbringen. Diese vier Partner arbeiten seit vielen Jahren mit Fischergemeinschaften und -leitern, Schulleitern und der Gesellschaft insgesamt in der hydrographischen Region Maderia-Purus zusammen, wo die partizipative Planung des Projekts umgesetzt wird.

Basierend auf den wissenschaftlichen Belegen und Erkenntnissen unseres Projekts sind die spezialisierten Aufgaben von WP2 und WP4 die Bereiche, an denen die oben genannten Beteiligten beteiligt sind. Eine der Aufgaben in WP2 konzentriert sich auf die Entwicklung eines qualitativen Szenarios für Landnutzung und Landbedeckungsänderung (LUCC) innerhalb der Überflussregion Madeira / Purus im Amazonasbecken. Zu diesem Zweck wurden zwei partizipative Workshops durchgeführt, bei denen verschiedene Interessengruppen in einen partizipativen Prozess mit der "Backcasting"-Planungsmethode eingebunden wurden, die darin besteht, eine wünschenswerte Zukunft zu visualisieren und rückwärts Strategien zu formulieren, die mit dieser Vision übereinstimmen (siehe Abschnitt 3.3 Beschreibung der Aktivitäten von WP2). WP4 ist vollständig auf die Beteiligung der Interessengruppen und Bürgerwissenschaftsansätze herum strukturiert, um ein partizipatives Protokoll für den Schutz der Fischereiressourcen und Klimaschutzgebiete in der Zwischenregion Madeira/Purus zu entwickeln. Die zugehörigen Aktivitäten sind durch die beiden beteiligten Regionen, den Madeira-Fluss und den Purus-Fluss, getrennt. Nachfolgend eine Beschreibung der Beteiligung der Beteiligten und der damit verbundenen Aktivitäten, die die beiden Flüsse unterscheiden.

***Um Rio de Sabores* und die Stärkung der Frauen in Flussgemeinden**

Das Buch *Um Rio de Sabores* sammelt traditionelle Rezepte, lokales Wissen und kulinarische Praktiken aus Fischerhaushalten entlang des Madeira-Flusses und dient als ethnographisches Dokument darüber, wie Nahrung, Ökologie und Lebensgrundlagen in Flussgemeinschaften zusammenwirken



EQUIPE TÉCNICA

Carolina Rodrigues da Costa Doria - UNIR
Ana Paula Albuquerque - ECOPORÉ
Ana Paula Nascimento - ECOPORÉ
Felipe Thiago Lins Nogueira - ECOPORÉ
Edivando Vitor do Couto-TUM
Liana Oighenstein Anderson - CEMADEM
Edson Rubens Ferreira Rodrigues - ECOPORÉ
Paulo Henrique Bonavigo - ECOPORÉ
Luzia Ribeiro Lima - UNIR
Kasso Ribeiro das Neves - UNIR
Camila Ferreira Santos - UNIR

Registro Fotográfico:
Israel Correa do Vale Junior - ECOPORÉ
Paulo Henrique Bonavigo - ECOPORÉ

Projeto Gráfico e Ilustrações:
Erick Carreira

Cartografia:
Flávio Augusto Sousa Santos - ECOPORÉ

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Um rio de sabores [livro eletrônico] : peixes, pesca e tradições do Madeira / organização Carolina R. C. Doria, Ana Paula A. de Melo. -- 1. ed. -- Porto Velho, RO : Ecoporé, 2025.
PDF

ISBN 978-85-54231-09-5

1. Biodiversidade 2. Comunidade ribeirinha - Amazônia 3. Pesca - Amazônia 4. Pescaria 5. Rio Madeira - Aspectos sociais 6. Rio Madeira - Aspectos econômicos I. Doria, Carolina R. C. II. Melo, Ana Paula A. de.

25-251790 CDD-338.372709811

Índices para catálogo sistemático:

1. Pesca : Uso sustentável : Economia 338.372709811

Aline Graziele Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Abbildung Einband des Buches *Um Rio de Sabores*, das traditionelle kulinarische Praktiken, ökologisches Wissen und das ernährungsbezogene Kulturerbe von Flussfamilien entlang des Madeira-Flusses dokumentiert. Die Veröffentlichung hebt die zentrale Rolle der Frauen als Hüterinnen lokaler Wissens- und Lebensmittelsysteme hervor und trägt zur Resilienz der Gemeinschaft und zur Weitergabe sozioökologischer Praktiken über Generationen hinweg bei.

Das Material hebt die zentrale Rolle der Frauen bei der Aufrechterhaltung dieser Praktiken hervor – nicht nur durch Lebensmittelzubereitung, sondern auch durch die Vermittlung ökologisches Wissens, die Anpassung von Haushaltsstrategien an Schwankungen der Fischverfügbarkeit und die Weitergabe kultureller Praktiken über Generationen. Indem es Kochmethoden und Erzählungen dokumentiert, die mit fruchtfressenden und wandernden Fischarten verbunden sind – beide von Wasserkraftentwicklung, Abholzung und hydrologischen Veränderungen betroffen sind – zeigt das Buch, wie Frauen zur Erhaltung der Ernährungsvielfalt und zur Stärkung der Ernährungssicherheit im Haushalt beitragen und gleichzeitig ihre soziale Sichtbarkeit innerhalb der Gemeinschaft stärken. Die Produktion, Bewahrung und Verbreitung dieser Rezepte dienen als Mechanismen der Autonomie und kulturellen Bestätigung, die es Frauen ermöglichen, aktiver an Diskussionen über das Ressourcenmanagement und an der Wertschätzung handwerklicher Fischerei teilzunehmen. Auf diese Weise *ist Um Rio de Sabores* nicht nur eine Zusammenstellung kulinarischer Praktiken, sondern auch ein Beweis für Prozesse der Frauenförderung, die mit gemeinschaftlicher Resilienz, nachhaltiger Ressourcennutzung und dem Schutz des soziokulturellen Erbes entlang des Madeira-Flusses verbunden sind.

Der Madeira-Fluss

Die ersten beiden Jahre des Projekts konzentrierten sich auf Aktivitäten und Diskussionen mit Fischern und allen beteiligten Interessengruppen (Flussgemeinden, lokale Verbände und Schulen, NGOs und Regierungsbehörden) sowie auf Umweltbildungsaktivitäten in Schulen und Fischergemeinden. Wir haben seit dem ersten Monat des Projekts Kontakt zu den Fischern und anderen Interessengruppen aufgenommen. Sie wurden unterstützt, sich (durch Treffen, Schulungen und persönliche Unterstützung) an der partizipativen Fischereiüberwachung mit Hilfe von Bürgerwissenschaft über die ICTIO-App zu beteiligen. Diese Daten ermöglichen es uns, die Informationslücken bei Fischen zu visualisieren und die Bürger zu ermutigen, aktiv an der verantwortungsvollen Verwaltung der Fischerei und dem Schutz aquatischer Ökosysteme mitzuarbeiten. In diesem Projektzeitraum wurden in den Flussgemeinschaften sechs partizipative Workshops organisiert, um aktuelle und zukünftige Szenarien zu Abholzung und Fischerei mithilfe partizipativer Kartierung (kognitive Karte, siehe Abschnitt 3.3) zu diskutieren und zu verbreiten.

Wir bezogen zwei weiterführende Schulen am Flussufer mit Bürgerwissenschaft und Umweltbildung ein, um Fragen zur Bedeutung des Angelns in der Gemeinde, der lokalen Umwelt und zum täglichen Leben der Schüler in ihrer Gemeinde zu behandeln. Diese kollaborative und partizipative Aktion führte dazu, dass Schüler und ihre Lehrkräfte in die Nutzung der ICTIO-App eingebunden wurden und Informationen über wichtige Fischarten für die Fischerei in der Region sammelten. Zu den entwickelten Aktivitäten gehörten, dass Bürgerwissenschaftler Interviews mit lokalen Fischern durchführten, um Informationen über Fischerei, Aspekte der Fischbiologie und Ökologie, Abholzung und von Fischen verzehrte Obstpflanzen zu sammeln. Durch die Einbindung der Schüler in wissenschaftliche Forschung konnte man weitere Informationen über die genutzten Ressourcen und die wichtigen Interaktionsbereiche zwischen Fischen und Wald gewinnen, durch die Reaktionen der Fischer ein kritisches Bewusstsein für Umweltprobleme in ihrer Gemeinschaft wecken und individuelle sowie kollektive Fähigkeiten entwickeln, die für die neue Sekundarstufe erforderlich sind,.

Die untenstehenden Fotos zeigen Bürgerwissenschaft mit Schülern der Flussgemeinschaften in Porto Velho (Rondônia).

Ein grundlegender Excel-Kurs wurde mit den Ergebnissen von Bürgerwissenschaftsaktivitäten in Schulen durchgeführt. An dieser Aktivität nahm er in São Carlos (10 Schüler) und in Cujubim Grande (39 Schüler) teil. Die Schüler lernten in der Praxis, wie sie ihre eigenen Daten analysieren, die Ergebnisse diskutieren und ein wissenschaftliches Banner zusammenstellen. Auf den untenstehenden Fotos zeigen die Schüler ihre Ergebnisse der 1. Konferenz zur Umweltbildung an den staatlichen Schulen von Baixo Madeira, Bezirk Calama, Rondônia.
Die Verbreitung der Aktivitäten und des Fortschritts des Projekts erfolgte auch über soziale Netzwerke mit dem Konto @ictioapp_ro wo wir 692 Follower auf Instagram und 454 auf Facebook haben, sowie in der Madeira Fisher WhatsApp-Gruppe mit 27 Mitgliedern und der 4 Studentengruppe mit mehr als 80 Mitgliedern.

Im Oktober 2024 präsentierte der Partner P1a (BRA) die Ergebnisse des ForestFisher-Projekts auf der Encontro das Águas 2024 - Wasserkrise, organisiert von der Bundesuniversität Rondônia, Ação Ecológica Guaporé - Ecoporé, auf dem Porto Velho Campus der UNIR. Die Veranstaltung trug zu Diskussionen über die Wasserkrise in Rondônia und deren Auswirkungen auf die Biodiversität sowie die Lebensgrundlage handwerklicher Fischer im Madeira-Fluss bei. Im November 2024 wurden die Ergebnisse des Forest Fisher Project auf dem III. Symposium des Postgraduiertenprogramms für Naturschutz und Nutzung natürlicher Ressourcen (PPGReN) präsentiert, das an der Bundesuniversität Rondônia (UNIR) in Porto Velho stattfand. Die Studie mit dem Titel "Erhaltung der Fischereiressourcen und Möglichkeiten zur Waldwiederherstellung im Madeira-Fluss: Initiativen des Forest Fisher Project" wurde von Partner P1a und P7 (BRA) vorgestellt.

Der Purus-Fluss

In den ersten Monaten des Projekts kontaktierten wir lokale Fischerkolonien, Fischerverbände, staatliche Regulierungsbehörden und die Allgemeinbevölkerung, um das Projekt vorzustellen und um Zusammenarbeit zu bitten (detailliert in der Excel-Datei, SH-Engagement Sheet des Berichtsanhangs). Mit den etablierten Partnerschaften organisierten und führten wir das erste regionale Treffen des Projekts durch, das am 20. Juli 2022 (https://www.liop.ufam.edu.br/ultimas-noticias/121-liop-apresenta-o-projeto-forest-fisher.html in Humaitá, Amazonas, stattfand. Während des Treffens wurde die Puruzinho-Gemeinschaft identifiziert und ausgewählt, um den Dateninterpretationskurs zu erhalten.

Danach gaben wir Interviews mit lokalen Radios und Fernsehsendungen, um die Sichtbarkeit des Projekts zu erhöhen und die breite Bevölkerung sowie andere Institutionen anzuziehen, die an den geplanten Maßnahmen beteiligt sein wollten, (https://www.liop.ufam.edu.br/ultimas-noticias/122-pesquisadores-do-amazonas-falam-sobre-projeto-forest-fisher-em-visita-a-porto-velho-ro.html). In Darüber hinaus haben wir eine kurze Dokumentation produziert und veröffentlicht, die die Maßnahmen und Ziele des Projekts erklärt und die Bedeutung der fruchtfressenden Fischarten für die Erhaltung der Waldrenovierungszyklen und der damit verbundenen Fischereien (https://www.youtube.com/watch?v=rGVXJ3Iq6vk) hervorhebt.

Die oben genannten Maßnahmen garantierten die Beteiligung lokaler Akteure, verschafften dem Projekt mehr Sichtbarkeit und Engagement, konsolidierten die Fischereiüberwachung in der Gemeinde Humaitá durch die Spende von Handys an einige lokale Fischerfamilien zur Nutzung der ICTIO-Anwendung und orientierten sie daran, aktiver mit der Methode zur Überwachung der Fischereilandungen zusammenzuarbeiten.

Ein zweites Mal (Anfang 2023) kontaktierten wir Fischerkolonien und Verbände der Gemeinde Lábrea, präsentierten ihnen das Projekt und luden sie zur Teilnahme ein. Zunächst verteilten wir Mobiltelefone an lokale Akteure, die in der Fischerorganisation tätig waren, und schulten sie im Umgang mit der ICTIO-App. Anschließend organisierten und führten wir ein weiteres regionales Treffen durch, um das Projekt den lokalen Fischern vorzustellen und die Gemeinschaft zu definieren, die den Dateninterpretationskurs erhalten sollte. Zu diesem Anlass verteilten wir auch den Newsletter des Projekts an die lokale Bevölkerung, den "O tucuxí" (erste Ausgabe hochgeladen bei http://opendata.waterjpi.eu), der das Projekt präsentieren und die vorgeschlagenen Maßnahmen für die kommenden Jahre erklären soll.

In dieser Zeit erhielten wir Fördermittel vom CNPQ (der nationalen brasilianischen Wissenschaftsförderungsagentur) für zwei Projekte, die die Aktivitäten des Forest Fishers ergänzen sollten, und es gelang uns, zwei neue Stipendiaten auszubilden und einzustellen, um die Landungsüberwachung auf Basis sozialer Technologien in der Gemeinde Lábrea, Amazonas, durchzuführen und die neuen ICTIO-Nutzer in der Region zu unterstützen. Die erfolgreiche Umsetzung der Fischereiüberwachung in der Gemeinde. Diese beiden neuen erfolgreichen Projektvorschläge ermöglichen es uns, ein Schiff zu kaufen, um die ausgewählten Gemeinden zu besuchen, und ein Satellitenlabor zu errichten, um die lokale Biodiversität zu überwachen.

Schließlich gingen wir, um die Fischereigründe in der Gemeinde Lábrea zu identifizieren, eine Partnerschaft mit dem "Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio" ein, um die Koordinaten der Fischereigemeinden der Region zu erfassen. Alle Schritte dieser Maßnahmen sind online auf unseren Facebook-, Instagram-, YouTube- und Webseitenseiten verfügbar.

Verbreitung der Ergebnisse

5.2.1 **Presentations and Poster**: II Workshop da Rede Brasileira de Ciência Cidadã (4-7 July 2022); https://www.even3.com.br/iwdrbdcc2022/

Kommentiert [P1]: Please add any oral or poster presentation

1. Dados preliminares da diversidade parasitária de peixes comerciais provenientes do Interflúvio Madeira-Purus, Amazonas, Brasil.

2. Estimativa dos Estoques Pesqueiros de Seis Espécies de Interesse Comercial no Médio Madeira, Sudoeste da Amazônia.

3. Tecnologia Social Aplicada no Monitoramento da Pesca Artesanal no Médio Madeira, Sudoeste da Amazônia.

4. Análise da produção pesqueira da pirapitinga Piaractus brachypomus no Médio Madeira, Sudoeste da Amazônia.

5. Peixes com potencial para pesca esportiva no baixo rio Roosevelt, Sudoeste da Amazônia, Brasil.

XXIV Encontro Brasileiro de Ictiologia (18-23 September 2022): https://www.ebi2021.com.br/

6. Estimativa dos estoques pesqueiros de seis espécies de interesse comercial desembarcadas no município de Humaitá, Amazonas.

7. A pesca artesanal de bagres migratórios na sub-bacia do médio rio Madeira, Sudoeste da Amazônia.

8. Fauna parasitológica do tucunaré, Cichla spp. (Actinopterygii: Cichliformes), coletados no Lago do Puruzinho no sul do Amazonas, Brasil.

9. Análise produtiva de duas espécies de jaraquis, Semaprochilodus taeniurus (Valenciennes, 1821) e Semaprochilodus insignis (Jardine, 1841), no rio Madeira.

International Fish Congress & III Fish Expo Brasil (Augtus 31 - Semptember 2 2022: https://ifcbrasil.com.br/en

10. Fluxo Migratório de Curimatã Prochilodus nigricans no médio rio Madeira, sudoeste da Amazônia: https://www.youtube.com/watch?v=KqaihdCMh8c

11. The effect of hydropower plants over the capture dynamics in the artisanal fishing, Amazonas Southeast: https://www.youtube.com/watch?v=XHtI1YNotkA

12. The effect of hydropower plants over the production of six fish species in the Middle Madeira basin: https://www.youtube.com/watch?v=gQ09mEwiKwg

8th Frugivores and Seed Dispersal Symposium, August 2024, Ilheus, Brazil. Floodplain forests drive fruit-eating fish diversity at the Amazon Basin scale.

37th Congress of the International Society of Limnology (SIL), May 2024, Foz Do Iguazu, Brazil. Understanding the link between fish and forests: how deforestation can affect fruit-eating species?

International Papers

Ferreira, V.G., da Conceição, E.O., Mantovano, T. *et al.* Distributional projections of an Amazonian fish in native and non-native watersheds of South America in response to climate change. *Biol Invasions* **27**, 201 (2025). https://doi.org/10.1007/s10530-025-03655-9

Schmitz, M.H., Malek, Ž., do Couto, E.V. *et al.* Unsustainable land use trajectories in the Tocantins/Araguaia basin: Insights from future scenario modeling. *Ambio* **54**, 1185–1198 (2025). https://doi.org/10.1007/s13280-025-02137-5

5.3 **Liste der Verbreitungsaktivitäten gegenüber Interessengruppen**

In mehreren vorherigen Abschnitten (hauptsächlich Abschnitt 4) dieses Berichts haben wir verschiedene Momente der Verbreitung der Ergebnisse an die Interessengruppen detailliert beschrieben. Im Folgenden erinnern wir uns an eines der wichtigsten Verbreitungsinstrumente, das das Projekt hervorgebracht hat:

Einführung des Newsletters: "O Tucuxí". Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/369935684_Boletim_Informativo_-_O_TUCUXI_Conheca_o_projeto_Forest_Fisher

Lauching des "Ichthyologischen Dashboards"": https://liop.ufam.edu.br/dashboard.html

Interviews im Radio und Fernsehen:

1. https://www.youtube.com/watch?v=UgJR9Id8PiY – Band Cidade, Porto Velho.
2. https://www.youtube.com/watch?v=2Pu1Dkvt62A – Programa InFoco, Rede TV, Porto Velho.
3. https://www.youtube.com/watch?v=HdRKUqfq9Iw – Rádio Caiarí 103,1 FM, Porto Velho.
4. https://www.youtube.com/watch?v=epF9KAD-LP8 – Rádio CBN Amazônia 101,9 FM, Porto Velho.
5. https://www.youtube.com/watch?v=LPgMJM1dJOQ – Rádio Rondônia 93,3 FM, Porto Velho.
6. https://globoplay.globo.com/v/10819236/ - TV Globo Rondônia, Bom dia Amazônia.
7. https://www.rts.ch/audio-podcast/2025/audio/des-poissons-frugivores-les-outils-numeriques-et-louis-pasteur-en-chanson-28754908.html - RTS Radio Suisse.

Webseiten und soziale Medien:

1. www.liop.ufam.edu.br
2. https://www.instagram.com/liop.ufam/
3. https://www.youtube.com/@liop-ufam695
4. https://www.instagram.com/forestfisherbr/
5. https://www.facebook.com/liop.madeira

6. https://lemag.ird.fr/fr/un-lien-vital-entre-poissons-frugivores-et-forets-inondables-en-amazonie
7. https://www.labex-tulip.fr/actualites/un-lien-vital-entre-poissons-frugivores-et-forets-inondables-en-amazonie
8. https://crbe.cnrs.fr/actu-ird-un-lien-vital-entre-poissons-frugivores-et-forets-inondables-en-amazonie/