

# Die Wasserlinse im brasilianischen Sertão

## Eine nachhaltige pflanzenbasierte Eiweißquelle zur Stärkung der bäuerlichen Wertschöpfung

GLEICE MERE  
MAGNUS MÖLLGARD  
INGO MELCHERS  
KLAUS APPENROTH  
K. SOWJANYA SREE



**APD**

DIÁLOGO AGROPOLÍTICO BRASIL · ALEMANHA  
AGRARPOLITISCHER DIALOG BRASILIEN · DEUTSCHLAND



**APD**

**DIÁLOGO AGROPOLÍTICO BRASIL · ALEMANHA**  
**AGRARPOLITISCHER DIALOG BRASILIEN · DEUTSCHLAND**

Der Agrarpolitische Dialog Brasilien-Deutschland (APD) dient dem Austausch von Wissen und Informationen zu bilateralen und globalen Herausforderungen im Bereich der Agrar – und Umweltpolitik. Seit über zwei Jahrzehnten entwickelt das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) ähnliche Initiativen mit etlichen Ländern, welche wichtige Referenzen für den APD in Brasilien sind.

Der APD Brasilien-Deutschland basiert auf der vom BMEL und dem brasilianischen Ministerium für Landwirtschaft, Viehzucht und Versorgung (MAPA) sowie dem Ministerium Agrarentwicklung und Familienlandwirtschaft (MDA) unterzeichneten Memorandum of Understanding. Vertreter brasilianischer und deutscher Ministerien, der Zivilgesellschaft, der Agrar- und Ernährungswirtschaft sowie der Wissenschaft sind aktiver Teil des Dialogs.

Angesichts der wachsenden globalen Herausforderungen von Klima, Agrarwirtschaft und Umwelt ist es das Ziel des APD, ein besseres gegenseitiges Verständnis des Agrar- und Umweltpolitik beider Länder zu erreichen. Der Austausch und der Veröffentlichung von Wissen erfolgt durch Webinare, Konferenzen, Publikationen und Austauschreisen.

SCN Quadra 1 Bloco C salas 1102-1104

Ed. Brasília Trade Center Brasília - DF

+55 61 9 9964-3731

[contato@apd-brasil.de](mailto:contato@apd-brasil.de)

[www.de.apdbrasil.de](http://www.de.apdbrasil.de)

APD Brasil Alemanha

APD Brasil Alemanha

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

MINISTRY OF  
AGRICULTURE AND  
LIVESTOCK

MINISTRY OF  
AGRARIAN DEVELOPMENT  
AND FAMILY AGRICULTURE

BRAZILIAN GOVERNMENT  
**BRASIL**  
UNITING AND REBUILDING

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Durchgeführt von

**GFA**  
CONSULTING GROUP  
Generalbeauftragte des BMEL  
Büro Berlin

**IAK**  
AGRAR CONSULTING

# Die Wasserlinse im brasilianischen Sertão

## Eine nachhaltige pflanzenbasierte Eiweißquelle zur Stärkung der bäuerlichen Wertschöpfung

GLEICE MERE  
MAGNUS MÖLLGARD  
INGO MELCHERS  
KLAUS APPENROTH  
K. SOWJANYA SREE

Brasília, Mirandiba, Berlin, Jena, Kerala (Indien), Juni 2024.

### **ÜBER DIESE STUDIE**

Diese Studie wurde vom **APD** | AGRARPOLITISCHEN DIALOG BRASILIEN - DEUTSCHLAND in Auftrag gegeben. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.

## **AUTORINNEN UND AUTOREN**

### **GLEICE MERE**

Gleice Mere arbeitet als Journalistin und Fotografin in Umwelt- und Entwicklungsprojekten im Amazonasgebiet, im Planungsministerium und bei der GIZ Brasilien. Seit rund 20 Jahren ist sie Beraterin für Kommunikation, unter anderem verantwortlich für Publikationen und interkulturelle Projekte. Seit April 2021 arbeitet sie im Deutsch-Brasilianischen Agrarpolitischen Dialog.

### **MAGNUS MÖLLGARD**

Magnus Möllgard ist Agrar-Ingenieur, Landwirt und landwirtschaftlicher Innovator mit langjähriger praktischer Erfahrung in bäuerlichen Agrarsystemen des semi-ariden Raums, ökologische Landwirtschaft sowie tropischer Obstbau. Magnus hat zahlreiche kleinbäuerliche Entwicklungsprojekte angestoßen und geleitet, in denen neue Kulturen und bäuerliche Geschäftsmodelle getestet wurden, z.T. angebunden an staatliche Ankaufprogramme für die bäuerliche Landwirtschaft. Von Juni 2023 bis März 2024 leitete er das Wasserlinsenprojekt des Innovations- und Transformationsfonds des BMEL.

### **INGO MELCHERS**

Ingo Melchers ist Agrar-Ingenieur mit langjähriger Berufserfahrung in Projekten der Ernährungssicherung, Agrar- und Umweltpolitik, Integration der bäuerlichen Ökonomie in nachhaltige Wertschöpfungsketten. Von 2021 bis März 2024 Leiter des Agrarpolitischen Dialogs zwischen Deutschland und Brasilien.

### **KLAUS APPENROTH**

Klaus Appenroth ist Gründungsmitglied des „International Steering Committee on Duckweed Research and Applications“ und arbeitet seit über 45 Jahren mit Wasserlinsen. Etwa 150 wissenschaftliche Publikationen sind von ihm in internationalen Zeitschriften erschienen. Er erhielt einen Dokortitel in Chemie und die Habilitation für Pflanzenphysiologie an der Friedrich-Schiller-Universität Jena, Deutschland. Er war Alexander von Humboldt-Stipendiat und ist seit 2022 Ehrenmitglied der Deutschen Botanischen Gesellschaft. Seit seiner Emeritierung 2014 arbeitet er weiterhin als Gastwissenschaftler an der Universität Jena.

### **K. SOWJANYA SREE**

K. Sowjanya Sree hat ihren Master of Science in Pflanzenwissenschaft an der Universität Hyderabad und promoviert in Botanik, Andhra Universität, Visakhapatnam mit Auszeichnung. Sie arbeitete im International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology, New Delhi, war Projektleiterin im Science and Engineering Research Board, Assistenz-Professorin im Amity University Uttar Pradesh, Noida, und arbeitet auch bei Max Planck Fellow. Seit 2016 ist sie Assistenz-Professorin an der Central University of Kerala und ist Mitglied des International Steering Committee on Duckweed Research and Applications.

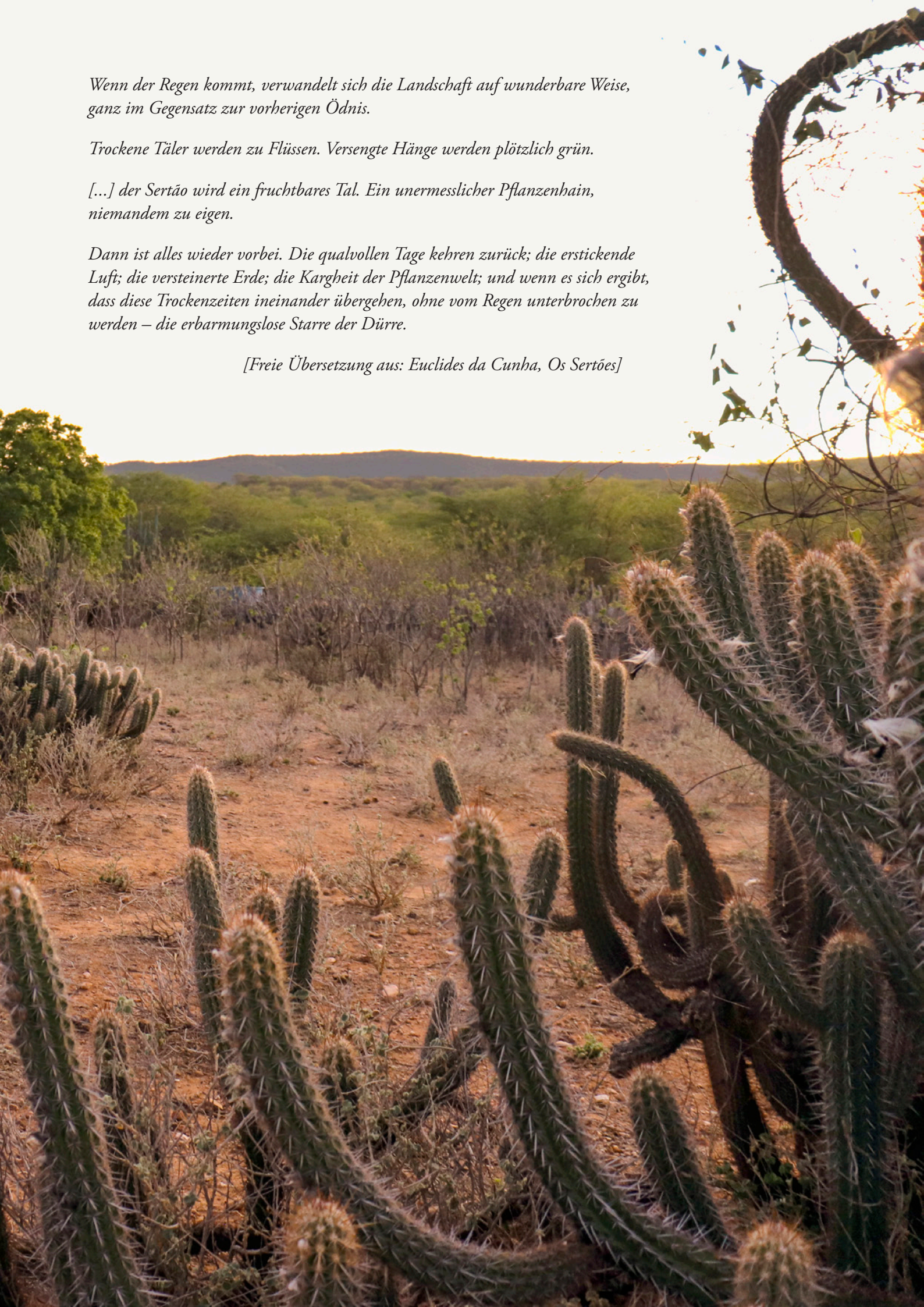
*Wenn der Regen kommt, verwandelt sich die Landschaft auf wunderbare Weise, ganz im Gegensatz zur vorherigen Ödnis.*

*Trockene Täler werden zu Flüssen. Versengte Hänge werden plötzlich grün.*

*[...] der Sertão wird ein fruchtbares Tal. Ein unermesslicher Pflanzenhain, niemandem zu eigen.*

*Dann ist alles wieder vorbei. Die qualvollen Tage kehren zurück; die erstickende Luft; die versteinerte Erde; die Kargheit der Pflanzenwelt; und wenn es sich ergibt, dass diese Trockenzeiten ineinander übergehen, ohne vom Regen unterbrochen zu werden – die erbarmungslose Starre der Dürre.*

*[Freie Übersetzung aus: Euclides da Cunha, Os Sertões]*



# Inhaltsverzeichnis

## Vorwort

|   |    |
|---|----|
| Ein Beitrag des Innovations- und Transformationsdialoges zur globalen Transformation der Agrar- und Ernährungssysteme | 8  |
| 1. Einführung   | 11 |
| 2. Der semi-aride Nordosten Brasiliens  | 12 |
| Die Caatinga  | 12 |
| Vegetation und Böden  | 14 |
| Nutztiere   | 15 |
| Landwirtschaft und Nichtholz-Produkte   | 16 |
| Wasserressourcen  | 17 |
| Bäuerliche Landwirtschaft im Nordosten ist ein zentraler Akteur   | 17 |
| 3. Kleine Pflanze - großes Potenzial  | 19 |
| Die Familie der Lemnaceae mit ihren Gattungen und Arten   | 20 |
| Unterschiedliche Nutzungsformen der Wasserlinse   | 22 |
| Verwendung als Tierfutter   | 23 |
| Aufbereitung von verunreinigtem Wasser und Biokraftstoffproduktion  | 23 |
| Strategische Überlegung: bäuerliche Produktion im semi-ariden Nordosten Brasiliens                                    | 24 |
| 4. “Duckweed” in Indien   | 26 |
| Anwendungen zur Reinigung von Gewässern   | 27 |
| Abwässer in Wasserlinsenteichen   | 29 |
| Schnelles Wachstum  | 30 |
| Lemnion Green Solutions – Innovationen im Umweltbereich   | 31 |

|  |    |
|--|----|
| 5. Das Projekt   | 32 |
| 5.1. Projektregion, Zielgruppe und Projektansatz   | 32 |
| 5.2. Die Wasserlinse im semi-ariden Pernambuco   | 36 |
| 5.3. Empirische Untersuchungen und Strukturierung der Pilotprojekte in Mirandiba                                       | 37 |
| 5.4. Partnerschaften   | 45 |
| 5.5. Gesichter und Persönlichkeiten  | 49 |
| 6. Erste Ergebnisse des Innovationsprojektes und Lessons Learnt  | 55 |
| 6.1. Die wichtigsten Projektergebnisse zu den technischen Produktionsbedingungen der Wasserlinse in Pernambuco         | 55 |
| 6.2. Hochwertige Proteine für die Tierproduktion   | 60 |
| 6.3. Baustein für ein neues bäuerliches Geschäftsmodell  | 62 |
| 6.4. Besser gemeinsam - Partnerschaften mit Forschung und Beratung, lokalen wie bundesstaatlichen Instanzen sowie NGOs | 63 |
| 6.5. Nachhaltigkeit und agrarpolitische Integration  | 64 |
| 7. Schlussbemerkung  | 66 |

# Vorwort

## **Ein Beitrag des Innovations- und Transformationsdialoges zur globalen Transformation der Agrar- und Ernährungssysteme**

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) ist bemüht, weltweit an der Verwirklichung des Menschenrechts auf angemessene Ernährung beizutragen und dafür an der sozialen, ökologischen und ökologischen Transformation der globalen Ernährungssysteme mitzuwirken.

Mit dem 2023 aufgesetzten Innovations- und Transformationsfonds wollte das BMEL genau diesen Anspruch unterstreichen und besonders innovative Ansätze pilotartig fördern, die die Landwirtschaft resilienter und klimafreundlicher machen sollen. Die IAK Agrar Consulting hatte die Ehre, Freude (aber auch eine enorme Verantwortung), dass gleich mehrere ihrer vorgeschlagenen und recht ambitionierten Ansätze vom BMEL bewilligt wurden. Wir wollen an dieser Stelle die Ergebnisse eines dieser Vorhaben, die im Rahmen des Agrarpolitischen Dialogs mit Brasilien durchgeführt wurden, vorstellen: Es geht um die Einführung der Wasserlinse in den semi-ariden Nordosten Brasiliens und ihre Erzeugung mit einem erweiterten kleinbäuerlichen Geschäftsmodell zu verknüpfen.

Wir können bereits jetzt sagen, dass es sich um ein sehr erfolgreiches Vorhaben handelt.

Ich möchte nicht nur als Leiter des Deutsch-Brasilianischen Agrarpolitischen Dialogs bei der IAK Agrar Consulting, sondern besonders auch als Techniker, meine Freude über dieses Vorhaben ausdrücken. Gleichzeitig möchte ich meinen Dank an den Projektleiter Magnus Möllgard und die Kollegin Glauce Jalfim unterstreichen. Sie haben unter einem enormen Zeitdruck und sehr schwierigen Bedingungen das Unmögliche möglich gemacht. Innerhalb eines dreiviertel Jahres hat Magnus nicht nur mehrere ländliche Gemeinden, darunter Indigene und Quilombolas, mobilisiert, wissenschaftliche und agrarpolitische Partnerorganisationen vor Ort und im Bundesland Pernambuco gewonnen, den Projektplan ausgearbeitet und umgesetzt. Er hat zudem mit seinem unermüdlichen Tüftlergeist eine wissenschaftliche Begleitung garantiert und - wo nötig - rechtzeitig umgesteuert. Ein warmer Dank gebührt auch dem Professor Klaus Appenroth für sein

Interesse an der Wasserlinse in Brasilien und sein enormes Engagement, das er nicht nur in dieser Publikation gezeigt hat, sondern auch in seiner bis heute andauernden Unterstützung für das Projekt und seine auf die Zukunft gerichtete Betreuung lokaler Studenten der Wasserlinse im Sertão von Pernambuco.

Auch möchte ich mich bei meiner Kollegin Gleice Mere für ihren unermüdlichen Einsatz in diesem Projekt bedanken. Gleice engagierte sich in Pernambuco, interviewte die lokalen kleinbäuerlichen Landwirt\*innen und meisterte die Details der Publikation. Weitere Dank gebührt meinem Vorgänger, Ingo Melchers, der Projekt und Team koordinierte sowie hervorragende Schreibaarbeit leistete. Die langjährige Berufserfahrung im Nordosten spürt man beim Lesen, da steckt viel Herzblut drin.

Großer Dank gebührt auch der GFA und natürlich dem BMEL: für den Mut und das Engagement, diesen Fonds für einen Informations- und Transformationsdialog mit Ländern des globalen Südens auf Augenhöhe aufzulegen. Die Initiative kam zur richtigen Zeit.

Natürlich kann in neun Monaten nicht die Welt verändert werden. Ich bin aber sicher, dass der hier beschriebene erfolgreiche Innovationsansatz auf der lokalen Ebene einen sehr positiven Impact hat und nun weiterverfolgt werden kann. In einem nächsten Schritt sollte es darum gehen, den Ansatz vor Ort zu konsolidieren und ihn mit einem gut gemachten Wissensmanagement weiter zu verbreiten und zu institutionalisieren - und dafür auch den (agrar-) politischen Dialog, auch mit den verantwortlichen Stellen auf der nationalen Ebene in Brasília, - zu vertiefen, um Breitenwirksamkeit und institutionelle Nachhaltigkeit zu garantieren. Dies wird unsere Aufgabe in der nächsten Zukunft sein.

**Herzlichen Dank und weiterhin viel Erfolg.**

**Alexander Borges Rose**

Leiter des Deutsch-Brasilianischen Agrarpolitischen Dialogs  
Brasília, im Juni 2024



Stand der IAK Agrar Consulting mit Mitarbeitern auf dem Global Forum for Food and Agriculture 2024 (GFFA) in Berlin während des Besuchs des deutschen Bundesministers Cem Özdemir (mit blauer Krawatte), Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), und Minister Paulo Teixeira (mit roter Krawatte), vom brasilianischen Ministerium für Agrarentwicklung und bäuerliche Landwirtschaft. Am Stand wurde das geförderte Projekt Die Wasserlinse im brasilianischen Sertão - Eine nachhaltige pflanzenbasierte Eiweißquelle im Rahmen des Innovations- und Transformationsdialoges zur Änderung der Agrar- und Ernährungssysteme (ITD) vorgestellt.

# 1. Einführung

Die ausreichende Versorgung mit qualitativ hochwertigen und vielfältigen Nahrungsmitteln ist gerade in Gebieten mit schwierigen Umweltbedingungen eine große Herausforderung. Im Nordosten Brasiliens herrschen während der 8 bis 9-monatigen Trockenzeit Temperaturen von bis zu 36 °C und hohe Verdunstungsraten. Pro Jahr liegen die Niederschläge bei 500 mm, die zudem innerhalb des Jahres und im Laufe der Jahre unregelmäßig verteilt sind. Hauptsächlich werden Mais und Bohnen im Regenfeldbau angebaut. Die Erträge sind meist niedrig. Vor allem sind sie entsprechend der stark schwankenden Niederschläge sehr unsicher. Totalausfälle sind häufig. Statistisch gesehen werden in 3 von 10 Jahren ausreichende Erträge erzielt.

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen einer Maßnahme des Innovations- und Transformationsdialoges des BMEL die Produktion und das Management der Wasserlinsen als mögliche produktive Ergänzung in der bäuerlichen Ökonomie des Nordostens geprüft.

Wir können heute mit einiger technischer Gewissheit sagen, dass die Wasserlinse sogar unter den Bedingungen des semi-ariden Nordostens hochwertiges pflanzenbasiertes Eiweiß erzeugt, das als Futterquelle für Fische, Hühner und andere Nutztiere genutzt werden kann. Darüber hinaus passt die Wasserlinse sich sehr gut in ein erweitertes Geschäftsmodell von Kleinbauern ein, das es ermöglicht, einen höheren Anteil an der Wertschöpfung in bäuerlicher und genossenschaftlicher Hand zu generieren.

Die Wasserlinse ist sicher nicht die Zauber-Lösung für alle Probleme. Aber die Ergebnisse dieses Innovationsprojektes motivieren nicht nur die lokalen Bauern und die beteiligten wissenschaftlichen Institute, sondern auch die öffentlichen Behörden an der Weiterentwicklung, Konsolidierung und Verbreitung des technischen und botanischen Wissens zur Wasserlinse.

Dieses Innovationsprojekt war ein guter Anfang. Nur ein Anfang.

Mirandiba, im Mai 2024

**Magnus Möllgard**  
Projektleiter

## 2. Der semi-aride Nordosten Brasiliens

### **Klima, Landschaft und Soziales, die Rolle der bäuerlichen Landwirtschaft**

Die semi-aride Region Brasiliens befindet sich überwiegend im Nordosten des Landes. Sie nimmt 12 % des brasilianischen Territoriums ein und beherbergt rund 28 Millionen Menschen. Damit gehört dieser „Caatinga” genannte semi-aride Trockenwald mit einer enorm großen Artenvielfalt weltweit zu jenen Trockenzonen mit der höchsten Einwohnerdichte – und entsprechendem Druck auf die natürlichen Ressourcen.

#### **Die Caatinga**

In Brasilien gibt es sechs Biome: Amazonas, Cerrado, Pantanal, Atlantischer Wald, Pampa und Caatinga, die auf nachfolgender Landkarte dargestellt werden. Fünf dieser unterschiedlichen Naturregionen erstrecken sich auch auf andere südamerikanische Länder, doch die Caatinga ist das einzige Biom, das sich ausschließlich auf brasilianischem Gebiet befindet.

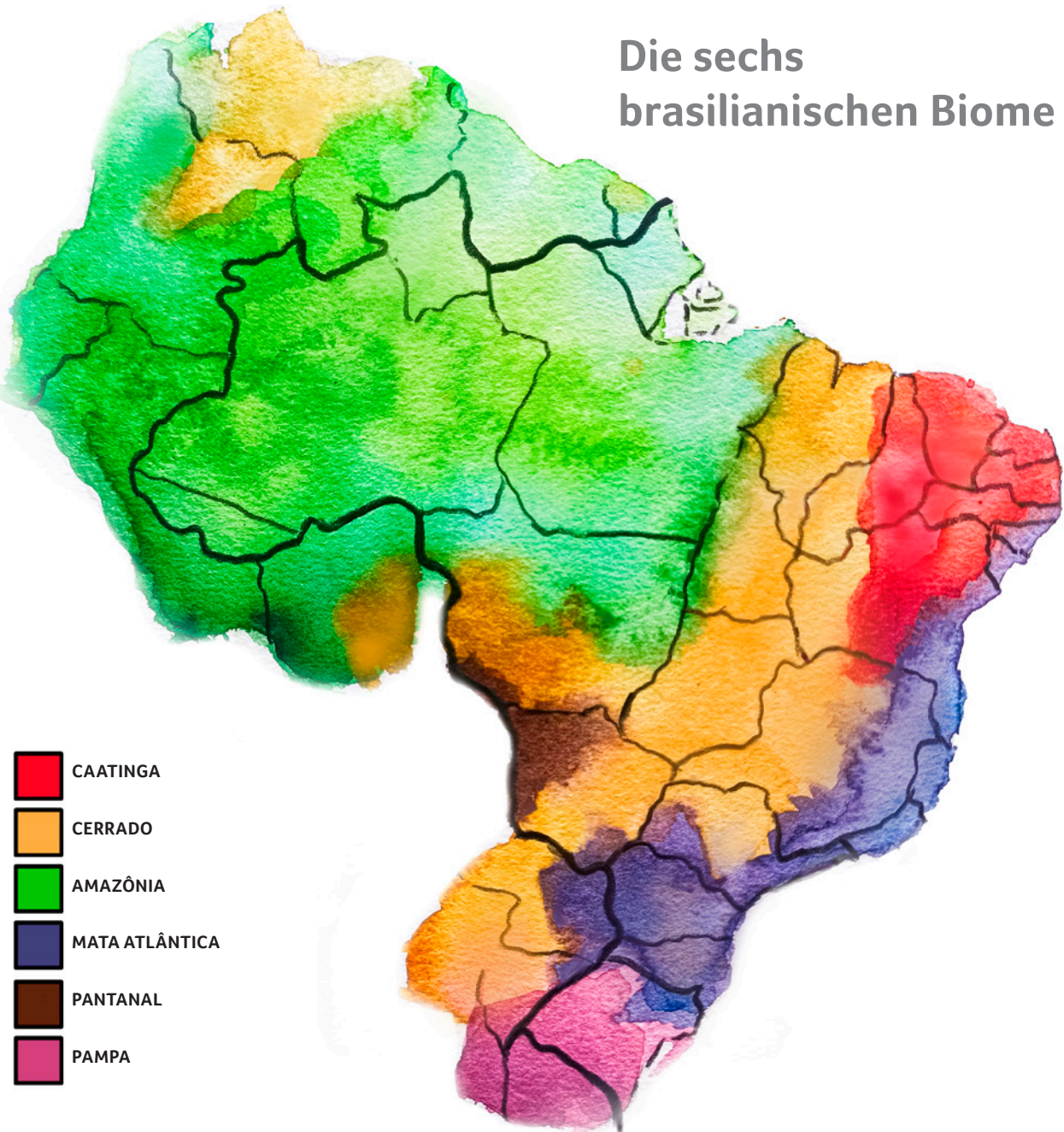
Die Caatinga nimmt einen großen Teil des Nordostens ein. Das Wort Caatinga stammt aus der indigenen Tupi-Sprache, der Ureinwohner dieser Region. Caa (=Wald) + tinga (= weiß) bedeutet weißer Wald, eine Anspielung auf die Bäume und Sträucher, die während der Trockenzeit ihre Blätter verlieren und eine Landschaft mit einem kargen, weißlichen Erscheinungsbild der Trockenvegetation bilden.

In der Regenzeit verwandelt sich die Caatinga: Mit dem Austreiben von Blättern und dem Erscheinen von Pflanzen, die bereits mit den ersten Regenfällen ausschlagen, bestimmen vielfältige Grüntöne die Landschaft.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> <https://www.acaatinga.org.br/sobre-a-caatinga/> gelesen am 10/11/2023.

## Die sechs brasilianischen Biome



Quelle: Associação Caatinga

Nach Angaben des Embrapa (das brasilianische Staatsunternehmen für agrarwissenschaftliche Forschung)<sup>2</sup> gibt es im Nordosten Brasiliens mehrere Regionen, in denen die jährliche Niederschlagsmenge unter 500 mm liegt. Aufgrund dieser geringen Niederschlagsmenge und der extrem hohen Sonneneinstrahlung ist die Region durch Trockenheit gekennzeichnet. Aber auch das Phänomen der sintflutartigen Regenfälle

<sup>2</sup> Moura, M. S. B. de; Espínola Sobrinho, J.; Silva, T. G. F. da; Souza, W. M. de. Aspectos meteorológicos do Semiárido brasileiro. 2019. Abrufbar auf: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/209739/1/Aspectos-meteorologicos-do-Semiarido-brasileiro-2019.pdf> - Gelesen am 16/12/2023.

ist für dieses Gebiet charakteristisch. Während lange Dürreperioden die Caatinga plagen und zu Wasserknappheit führen, verursachen kurze intensive Regenperioden Überschwemmungen, die Tausende von intermittierenden Flüssen und Seen zum Leben erwecken und die Wasserreservoirs wieder füllen. Die Vegetation wird wiedergeboren.

### **Vegetation und Böden<sup>3</sup>**

Charakteristisch für die Caatinga ist der tropische Trocken- oder Dornenwald. Zwischen Bäumen und Sträuchern wächst eine Gras- und Krautschicht, die je nach Beschaffenheit und Erhaltungszustand des Bodens und der klimatischen Bedingungen mehr oder weniger dicht sein kann. Aufgrund der Wasserknappheit verlieren die meisten Pflanzenarten in der Trockenzeit ihre Blätter.

Menschliche Eingriffe und der Klimawandel haben diesen Lebensraum stark beeinträchtigt. Die Hälfte der Fläche wurde abgeholzt. Das fehlende Gleichgewicht wirkt sich auf das Verhalten der Tiere aus, die Samen sammeln und zerstreuen, wie z. B. Vögel und andere, die früher für die Ausbreitung von Pflanzenarten sorgten.<sup>4</sup>

Die Vielfalt der Zusammensetzung der Böden in der brasilianischen semi-ariden Region ist immens. Es gibt Lehmböden mit hohem Gehalt an Nährstoffen, aber auch steinige und sandige Böden mit geringer Tiefe und Fruchtbarkeit. Viele anthropogene Praktiken haben die Degradierung der Böden beschleunigt, was zur Wüstenbildung führt. Nach Angaben des INSA sind 9 % der brasilianischen Halbtrockengebiete bereits desertifiziert, und 85 % befinden sich in einem moderaten Desertifikationsprozess. Die Wüstenbildung lässt sich nur schwer rückgängig machen. Schutz und Erhaltung der Caatinga-Vegetation sind von grundlegender Bedeutung, da sie die Erosion des Bodens aufhalten.

Zu den Faktoren, die zum Degradierungsprozess in der semi-ariden Region beitragen, gehören unter anderem: Entwaldung (Holzkohle für energetische Zwecke), Überweidung und Versalzung des Bodens durch unangemessene Bewässerungssysteme.

---

<sup>3</sup> Merkmale der semi-ariden Region anhand von Informationen des brasilianischen Nationalen Semi-Arid-Instituts (INSA). Abrufbar auf: <https://www.gov.br/insa/pt-br/semi-arido-brasileiro> . Gelesen am 10/11/2023.

<sup>4</sup> [https://www1.folha.uol.com.br/colunas/papo-de-resposta/2023/11/a-caatinga-tambem-pede-socorro.shtml?utm\\_source=whatsapp&utm\\_medium=social&utm\\_campaign=compwa](https://www1.folha.uol.com.br/colunas/papo-de-resposta/2023/11/a-caatinga-tambem-pede-socorro.shtml?utm_source=whatsapp&utm_medium=social&utm_campaign=compwa) – abgerufen am 13/11/2023.



Typische Ziegenzucht im Nordosten Brasiliens

## Nutztiere

Trotz des Wassermangels in der brasilianischen semi-ariden Region ist der regionale Rinderbestand mit 17 Millionen Tieren, etwa 13,3 % des gesamten brasilianischen Rinderbestandes, sehr groß. Tiere einheimischer Rassen, die sich im Laufe der Zeit an die Eigenschaften des Klimas, der Vegetation und des Bodens angepasst haben, sind für Kleinbauern von großer Bedeutung. Ein Beispiel dafür ist die Rinderrasse „Curraleiro Pé-Duro“, die die Futterknappheit gut übersteht und fügsam, rau und langlebig ist. In diesem neuen Szenario des Klimawandels ist der Genotyp der einheimischen Rinder von grundlegender Bedeutung für die Nachhaltigkeit der regionalen Viehwirtschaft.

Die resistente und anpassungsfähige einheimische Geflügelart ist im Volksmund als „Galinha de Capoeira“ (robuste Hühnerart) bekannt und trägt zu einer reichhaltigeren Ernährung bei. Sie ist auch wichtig für die Autonomie der Bäuerinnen, da sie gleichzeitig als Einkommens- und als Nahrungsquelle dient.

Ziegen können 70 % der Pflanzenarten der Caatinga fressen und sind eine Protein- und Einkommensquelle für die Bauern. Jedoch können manche der restlichen 30 % der Pflanzenarten, die Ziegen nicht fressen, nach einem Trocknungs- bzw. Fermentationsprozess als Futtermittel verwendet werden.



Robuste Hühnerart

Die trockenen Landschaften erwecken den Eindruck, dass es in der semi-ariden Region wenig Wildtiere gibt, jedoch leben dort rund 1.307 Tierarten, von denen 327 ausschließlich in der Caatinga vorkommen. Sie alle sind an die saisonale Wasserknappheit und die intensive Sonneneinstrahlung angepasst. Zu diesen Anpassungsstrategien gehören das Wanderverhalten und Nachtaktivität. Es gibt auch die besondere Strategie der Ästivation, eine Art Dormanz in heißen Umgebungen, wie es bestimmte Frösche praktizieren, die 10 bis 11 Monate im Jahr unter der Erde verbringen, ohne Zugang zu Nahrung und Wasser.

Wie in anderen Biomen leidet die Vielfalt der Fauna in der semi-ariden Region unter dem Druck der vom Menschen ausgeübten Tätigkeiten im natürlichen Lebensraum der Tiere, ebenso wie der unkontrollierten Fischerei und Jagd.

### **Landwirtschaft und Nichtholz-Produkte**

Mais, Bohnen und Maniok sind wichtige Produkte und Grundnahrungsmittel für die lokale Bevölkerung. Daneben gibt es traditionell eine extensive Weidewirtschaft für Kühe, aber insbesondere auch für Ziegen. In einzelnen regionalen Zentren wird eine intensive Bewässerungswirtschaft für Obstbau wie Wein, Mangos, Kokos, Melonen und andere landwirtschaftliche Kulturen betrieben.

Nichtholzprodukte spielen regional ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Einkommenserzielung, insbesondere für kleinbäuerliche und traditionelle Gemeinden. Der Umbu zum Beispiel ist ein sehr besonderer Obstbaum, dessen Frucht für Säfte, Eiscreme, Gelees und Süßigkeiten verwendet wird. Auch Pequi ist eine Frucht, die kulinarisch in einigen Regionen Brasiliens weit verbreitet ist. Die Frucht ist so groß wie ein Apfel und hat eine grüne Schale. Im Inneren befindet sich ein Kern, der von einem weichen, gelben Fruchtfleisch umhüllt ist, dem essbaren Teil der Frucht. Weitere Arten sind die Carnaúba-Palme, aus deren Blättern Wachs gewonnen wird, und die Babassu-Kokosnuss, aus deren Kernen Öl und aus der Schale Holzkohle gewonnen wird. Die Cashewnuss ist in der Region ein verbreitetes gesundes Lebensmittel und wird darüber hinaus auch exportiert. Anders als in den meisten afrikanischen Ländern wird hier nicht nur die Nuss, sondern auch der sogenannte Cashew-Apfel in der Lebensmittelindustrie für Säfte und Speiseeis genutzt.

## **Wasserressourcen**

In der semi-ariden Region gibt es 1.477 Kommunen<sup>5</sup>. Sie haben einen hohen Wasserbedarf für verschiedene Zwecke, insbesondere wirtschaftliche Aktivitäten: Landwirtschaft und Industrie. In den für die Region charakteristisch längeren Dürreperioden verschlimmert sich die Situation. Das INSA führt verschiedene Forschungsprojekte zur Entwicklung von Strategien durch, um den großen Wasserbedarf zu bewältigen, darunter Projekte zur Regenwassernutzung, zur Kontrolle der Wasserressourcen, Entsalzung und der Wiederverwertung von Abwasser.

## **Bäuerliche Landwirtschaft im Nordosten ist ein zentraler Akteur**

Seit ca. 25 Jahren gibt es in der brasilianischen Gesetzgebung und im entsprechenden Förderinstrumentarium, die „*Agricultura Familiar*“, die bäuerliche Landwirtschaft. Sie steht in der öffentlichen Wahrnehmung im Gegensatz zur kommerziellen Landwirtschaft oder zur großflächigen Farmerwirtschaft. Während letztere – wie die ähnlichen Landwirtschaftstypen in Argentinien, USA, der Ukraine oder Australien in hohem Maße auf High Tech und Mechanisierung setzen, um den knappen Faktor Arbeitskraft bestmöglich einzusetzen,

---

<sup>5</sup> <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html> – abgerufen am 08/05/2024.

stützt sich die bäuerliche Landwirtschaft traditionell stark auf die Familienarbeitskraft und maximiert damit den knappen Faktor, nämlich Land. Historische Beispiele dafür sind Westdeutschland, Japan und andere asiatische Länder, oder der Süden Brasiliens, der von europäischen Migranten besiedelt wurde. Die Bauern im Sertão hingegen bewirtschaften ihre Flächen meist extensiv: im Regenfelddbau oder in der Weidehaltung.

In der Realität sind die idealtypischen Modelle also oft vermischt. So konzentrieren sich die bäuerlichen Landwirte in Brasilien genau auf jene Agrarerzeugnisse, die auch die großen Farmer erzeugen: Soja, Fleisch, Mais, Baumwolle. Dennoch ist es richtig, dass ein größerer Teil der bäuerlichen Produkte auf dem einheimischen Markt landet, und dass die Vielfalt ihrer Anbaukulturen größer ist als bei den Farmern, deren Produkte sowohl exportiert werden (insbesondere nach China), als auch in großem Ausmaß direkt oder in verarbeiteter Form auf den Binnenmarkt gerichtet sind. Allzu strikte Zuschreibungen in die eine oder andere Richtung verbieten sich also. In der Politikformulierung geht es immer um den organisierten Einfluss der spezifischen Interessensvertretungen auf die politische Willensbildung - in der Landwirtschaft geht es aber auch einfach darum, welche und wie viel Produkte zu welchen Preisen die unterschiedlichen Akteure auf den Markt und auf den Tisch bringen, um sich in der Gesellschaft als förderungswürdig in Erinnerung zu rufen.

Fakt ist in diesem Zusammenhang jedoch, dass die *Agricultura Familiar* im Nordosten Brasiliens in dem vorliegenden Vorhaben und Projektansatz die zentrale Rolle für den Innovations- und Transformationsdialog spielen sollte und tatsächlich spielte. Der Nordosten beherbergt die Hälfte aller bäuerlichen Betriebe Brasiliens – der weit überwiegende Anteil gehört zu den ärmsten bäuerlichen und ländlichen Familien des gesamten Landes<sup>6</sup>. Die bäuerliche Landwirtschaft ist in der Bekämpfung der ländlichen Armut, aber auch in der Integration ethnisch benachteiligter Bevölkerungsgruppen Brasiliens ein strategischer, ein entscheidender Akteur und Partner.

---

<sup>6</sup> <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/127344/1/Diversidade-e-heterogeneidade.pdf>, S.245-253

### 3. Kleine Pflanze - großes Potenzial

Herkunft, Pflanzenbau, züchterische Aspekte, Nutzung der Wasserlinse<sup>7</sup>

Die Wasserlinse ist eine Pflanze der Familie der Lemnaceae (Wasserlinsengewächse). Obwohl sie in Brasilien nur wenig bekannt ist, stammt sie ursprünglich aus dem Amazonas Regenwald. Heute ist sie in fast allen Ökosystemen der Welt verbreitet, meidet allerdings Regionen, in denen Wasser sehr knapp ist (Wüsten) oder wo es zu kalt ist (Arktis, Antarktis).

Die Familie der Lemnaceae ist in fünf Gattungen unterteilt: Spirodela, Landoltia, Lemna, Wolffia und Wolffiella. Diese Gattungen umfassen 36 Arten.

Da es sich um sehr kleine Pflanzen mit geringer phänotypischer Differenzierung handelt, ist ihre Klassifizierung auf rein morphologischer Basis äußerst schwierig. Die Gattungen Wolffia und Wolffiella haben nicht einmal Wurzeln. Die Lemnaceae sind die kleinsten Blütenpflanzen mit einer Länge oder einem Durchmesser von weniger als einem Millimeter (Wolffia angusta und Wolffia globosa).

---

<sup>7</sup> Die untenstehenden Informationen stammen aus der konkreten Projekterfahrung, aber auch aus Interviews mit Prof. Dr. Klaus Appenroth und folgenden Publikationen: Appenroth, Klaus; LAM, Eric. Wasserlinsen als Nutzpflanzen. Biologie in Unserer Zeit. Sonderdruck aus 3/2012. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. [www.biuz.de](http://www.biuz.de) und Appenroth, Klaus; Augsten, Helmut. Wasserlinsen und ihre Nutzung. Biologie in unserer Zeit / 26. Jahrg. 1996 / Nr. 3. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim.



Wasserlinse Gattungen

## Die Familie der Lemnaceae mit ihren Gattungen und Arten

| Familie   | Lemnaceae               |           |  |  |  |
|-----------|-------------------------|-----------|--|--|--|
| Gattungen | Spirodela               | Landoltia | Lemna  | Wolffia  | Wolffiella   |
| Arten     | polyrhiza<br>intermedia | punctata  | aequinoctialis<br>disperma<br>gibba<br>japonica<br>minor<br>minuta<br>obscura<br>perpusilla<br>tenera<br>trisolca<br>turionifera<br>valdiviana | angusta<br>arrhiza<br>australiana<br>borealis<br>brasiliensis<br>columbiana<br>cylindracea<br>elongata<br>globosa<br>microscopica<br>neglecta<br>angusta | caudata<br>denticula<br>gladiata<br>hyalina<br>lingulata<br>neotropica<br>oblonga<br>repanda<br>rotunda<br>welwitschii |

Quelle: APPENROTH; LAM 2012

Einige Arten haben nur eine Wurzel, andere haben gar keine und haften an keinem festen Substrat. Die Pflanzen schwimmen auf der Wasseroberfläche und bewegen sich frei. Es gibt jedoch auch Arten, die im Wasser wachsen und unter der Oberfläche leben.

Die Vermehrung erfolgt überwiegend vegetativ, d. h. eine Mutterpflanze bringt eine genetisch identische Tochterpflanze hervor, die sich anschließend vom Körper der Mutterpflanze ablöst. Nur selten erfolgt eine generative Vermehrung (über Samen), bei der es zu einer genetischen Mischung kommt.

Die **Flächen-Produktivität** ist bedeutend für die wirtschaftliche Nutzung einer Pflanze. Im Falle der Wasserlinse liegt sie im Vergleich zu anderen eiweißreichen Pflanzen hoch. Nachstehend finden sich Vergleichsdaten zur Produktivität der Wasserlinse in unterschiedlichen Weltregionen<sup>8</sup>.

| Region                | Trockengewicht in Tonnen pro Hektar pro Jahr |
|-----------------------|--|
| Südstaaten der USA    | 13 – 27                                      |
| Israel                | 10 – 39                                      |
| Ägypten               | 10   |
| Indien                | 22   |
| Nordthailand          | 10   |
| Usbekistan            | 7 – 15                                       |
| Tschechische Republik | 8  |

Quelle: APPENROTH; AUGSTEN; Biologie in unserer Zeit / 26. Jahrg. 1996 / Nr. 3

Im Vergleich beanspruchen Luzerne etwa fünfmal so viel Land, um die gleiche Menge an Eiweiß zu produzieren. Soja benötigt eine zehnmal größere Fläche.

Um Erträge zu erzielen, müssen jedoch auch bei der Wasserlinse gute Praktiken angewendet werden. In erster Linie ist die Pflanzenernährung zu nennen, gegebenenfalls auch die Regulierung des Lichtes (siehe 5.3 und 6.1). Ein sehr bedeutender Faktor ist selbstverständlich die Fläche, die von den Pflanzen auf der Wasseroberfläche eingenommen wird. Da Wasserlinsen wurzelfrei wachsen, muss gewährleistet werden, dass die Pflanzen nicht übereinander geraten, wenn beispielsweise der Wind alle Pflänzchen in eine Ecke des Gewässers treibt und damit Wachstum und Ausbreitung beeinträchtigt (siehe 6.1).

<sup>8</sup> Der Vergleich der Flächenproduktivität von Wasser- mit Ackerbauflächen soll hier lediglich der Illustration dienen. Er hat eine eingeschränkte Aussagekraft. Eine mögliche Substitution kann und soll damit nicht angedeutet werden. Denn wo sollen die produktiven Wasserflächen herkommen, um allein die ca. 140 Millionen Hektar Ackerfläche für Soja weltweit zu ersetzen, ohne gigantische Nutzungskonflikte vom Zaun zu brechen und eventuell ganz neue Umweltprobleme zu provozieren? Hinzu kommt, dass in der tropischen Landwirtschaft in einem Erntejahr oft die gleiche Fläche nicht nur für Soja, sondern auch für Mais oder Weizen genutzt wird. Auch in der europäischen Landwirtschaft spielen die Leguminosen und Eiweißpflanzen für alle Nachhaltigkeitskonzepte eine herausragende Rolle.

## Unterschiedliche Nutzungsformen der Wasserlinse

Generell kann die Wasserlinsenproduktion für verschiedene Zwecke genutzt werden: Für den menschlichen Verzehr, als Tierfutter, zur Abwasseraufbereitung oder zur Klärung von Abwasser. Drei dieser Nutzungsformen sollen hier lediglich cursorisch beschrieben werden. Im weiteren Verlauf dieser Publikation wird ausschließlich auf die Verwendung als Tierfutter eingegangen, da diese zumindest in der mittleren Frist mit Abstand als die bedeutendste angesehen wird, und weil im Rahmen des hier zu beschreibenden Projektes im Sertão von Pernambuco diese Nutzung im Vordergrund steht.

### Verbrauch für den menschlichen Verzehr

In Thailand, Birma und Laos ist die Wasserlinse aufgrund der klimatischen und hydrografischen Gegebenheiten der Region weit verbreitet, so hat sich auch der Konsum dieser Pflanze als menschliches Nahrungsmittel etabliert. Da sie reichlich vorhanden ist, wird sie in der freien Natur gesammelt. Sie wird in der Regel auf Märkten verkauft und wird mit Reis, in Salaten, in Suppen, gegrillt, als Zutat in würzigen Speisen, in grünen Säften oder Smoothies mit Obst verzehrt.



Wolffia für menschlichen Verzehr

Laut Dr. Klaus Appenroth, emeritierter Professor an der Friedrich-Schiller-Universität Jena, Deutschland, ist *Wolffia arrhiza* sehr schmackhaft. Er selbst hat in Thailand bereits Menüs mit dieser Wasserlinse gekostet und erklärt, dass ein Vorteil des Verzehrs darin liegt, dass es sich um ein pflanzliches Lebensmittel mit hohem Vitamin B12 Gehalt handelt, das normalerweise nur in tierischen Lebensmitteln vorkommt. Jüngste wissenschaftliche Studien haben das Vorhandensein dieses Vitamins in der Wasserlinse nachgewiesen, was auch für Veganer von großem Interesse sein dürfte. Denn Vitamin B12 ist für den Stoffwechsel im menschlichen Körper unerlässlich.

## Verwendung als Tierfutter

Die Verwendung von Wasserlinsen als Tierfutter wurde bereits an einer Vielzahl von Tieren getestet: unter anderem an Milchkühen und Jungrindern, Schweinen, Schafen, Kaninchen, Mäusen, Enten, Hühnern und Zuchtfischen. Bis auf wenige Ausnahmen wurde auch positiv über den Einfluss des Futters auf die Gewichtszunahme berichtet.

Bei Hühnern wurde aufgrund des hohen Karotinoidgehalts die gelbe Farbe des Eigelbs intensiver. Bei niederländischen Milchkühen, die mit 75 % Wasserlinsen gefüttert wurden, waren keine nachteiligen Auswirkungen festzustellen. Eine ähnliche Zusammensetzung im Futter von Jungrindern führte ebenfalls zu positiven Ergebnissen.

Studien haben gezeigt<sup>9</sup>, dass in intensiven Produktionssystemen die Fütterung von Tilapia mit bis zu 30 % Wasserlinsen zu einer guten Entwicklung der Fische geführt und eine wirtschaftlich rentable Nutzung ermöglicht hat. In einem ökologisch angepassten und weniger intensiven System, das aber die Integration der Wasserlinse mit der Fischzucht beinhaltet, wie es in der vorliegenden Projektkonzeption gewählt wurde, kann ein etwas langsames Wachstum in Kauf genommen werden. Die Wirtschaftlichkeit ist durch die eingesparten Futterkosten gewährleistet.

## Aufbereitung von verunreinigtem Wasser und Biokraftstoffproduktion

Die Erzeugung von Wasserlinsen kann sich unter bestimmten Bedingungen für eine Erstreinigung von Abwässern eignen. Wasserlinsen wachsen in eutrophen Gewässern, in denen die Nährstoffe, die sie für ihre Vermehrung benötigen, in hohen Konzentrationen vorhanden sind, z. B. Nitrat, Ammonium und Phosphat. Die Wasserlinse *Spirodela polyrrhiza* beispielsweise kann Konzentrationen von Nitrat von 70 mM und Phosphat von 50 mM tolerieren. Solch hohe Konzentrationen dieser Elemente sind im Abwasser durchaus zu finden.

---

<sup>9</sup> E A Fasakin, A M Balogun & B E Fasuru. Use of duckweed, *Spirodela polyrrhiza* L. Schleiden, as a protein feedstuff in practical diets for tilapia, *Oreochromis niloticus* L..Department of Fisheries and Wildlife, Federal University of Technology, PMB 704, Akure, Nigeria. *Aquaculture Research*, 1999, 30, 313-318.

Andererseits ist die Wasserlinse auch in der Lage in Substraten mit geringer Nährstoffkonzentration zu überleben, wobei sie dann charakteristische Symptome von pflanzlicher Mangelernährung aufweisen wird. Diese Besonderheit der Pflanze ermöglicht es, sie als Instrument zur Überwachung und Bewertung der Wasserqualität einzusetzen, ein Verfahren, das als Biomonitoring bekannt ist.

Außerdem hat die Wasserlinse die Fähigkeit, Schwermetalle zu absorbieren, was ihren Einsatz zur Aufbereitung industriell verschmutzter Abwässer ermöglicht. Sie ist auch in der Lage, giftige organische Verbindungen zu absorbieren.

Wird sie in verseuchtem Wasser gezüchtet, werden chemische Rückstände wie Schwermetalle, Herbizide, Pestizide oder Antibiotika von der Wasserlinse aufgenommen. Obwohl die Pflanze das Wasser reinigt, wird sie selbst dabei kontaminiert. Eine weitere Nutzung als Futter ist dann allerdings aus Gründen der Tiergesundheit ausgeschlossen. Aufgrund ihres hohen Stärkegehaltes ist aber eine energetische Nutzung als Biokraftstoff sehr wohl möglich, entweder als Bio-Ethanol oder als Biogas.

**Zusammenfassend** kann aus technischer Sicht für die wirtschaftliche Nutzung festgehalten werden: Die Wasserlinse ist eine sehr kleine Wasserpflanze und diejenige mit der größten Vermehrungsfähigkeit bzw. zur Erzeugung von Biomasse. Da sie sich im Wasser vermehrt, bedroht sie keine anderen landwirtschaftlichen Kulturen, für die fruchtbarer Boden benötigt wird. Sie trägt nicht zur Eutrophierung von Oberflächengewässern bei, sie verursacht also nicht das Wachstum von organischen Stoffen, die sich im Wasser zersetzen würden. Im Gegenteil, sie kann helfen, überschüssige Nährstoffe eines Gewässers zu absorbieren. Die Wasserlinse wächst in jedem Süßwasser und sogar in Gewässern, die aufgrund ihres Salzgehalts für den menschlichen Konsum oder für die Landwirtschaft ungeeignet sind.

### **Strategische Überlegung: bäuerliche Produktion im semi-ariden Nordosten Brasiliens**

Die Nutzung als Tierfutter hat eine Reihe von Vorteilen, insbesondere dann, wenn nicht eine industrielle und kapitalintensive Produktion angestrebt wird, sondern eine kleinstrukturierte bäuerliche Erzeugung, in der nichtsdestotrotz genossenschaftliche Elemente zur Stärkung eines neuen bäuerlichen Geschäftsmodells zum Tragen kommen können. Die finanziellen und technologischen Einstiegsbarrieren für eine bäuerliche Produktion

sind niedrig; eine gute Voraussetzung in einem Sektor, der traditionell eher risikoavers ist. Hinzu kommt, dass die Wasserlinse ohne Probleme andere - gegebenenfalls zugekaufte - eiweißreiche Futter klimaverträglich ersetzen kann. Abschließend kann gesagt werden, dass die Wasserlinsenproduktion zwar Sorgfalt und Beständigkeit erfordert. Aber der zusätzliche Arbeitsaufwand der bäuerlichen Familienarbeitskraft ist überschaubar. Die Wasserlinse lässt sich also relativ leicht als ein ergänzendes Element in ein bäuerliches Geschäftsmodell integrieren, um damit interne und monetäre Kosten zu senken und kontinuierliche monetäre und nicht-monetäre Einnahmen zu generieren.

Aus den obenstehenden technischen, organisatorischen und politisch-strategischen Gründe wurde die Entscheidung getroffen, das Wasserlinsenprojekt im Rahmen des **Innovations- und Transformationsfonds des BMEL** innerhalb von kleinbäuerlichen Strukturen in einer der ärmsten Regionen Brasiliens im Landesinnern des Bundesstaates Pernambuco zu testen.

## 4. “Duckweed” in Indien<sup>10</sup>

Obwohl der indische Subkontinent über eine große Vielfalt von Klimazonen verfügt, ist die Familie der Wasserlinsengewächse (lat. Lemnaceae) praktisch auf dem gesamten indischen Territorium zu finden. Ausnahmen sind lediglich Wüstenregionen und das Himalaya-Gebirge, sowie extrem regenreiche Gebiete im Nordosten. „Duckweed“ ist im gesamten englischsprachigen Raum die Bezeichnung für die Familie der Wasserlinsen, so auch in Indien.

Hier ist nicht der Raum, um über Fundorte, Nutzungszwecke und die wissenschaftlichen Quellen zu berichten; daher wird auf eine ausführliche Literaturliste zu den bisherigen Forschungsergebnissen und wissenschaftlichen Quellen verwiesen<sup>11</sup>. Schon ein kurzer Blick auf diese Literaturliste reicht jedoch aus, um zu erkennen, dass die Mehrheit der Forschungsarbeiten darauf gerichtet ist, die Fähigkeit der Wasserlinsen zur Reinigung von Abwässern zu untersuchen („Phytoremediation“). Dies kann für den indischen Subkontinent auch wenig überraschend sein, da die Kontaminierung von allen möglichen Gewässern wie Teiche, Seen, Flüsse ein dramatisches Ausmaß erreicht hat und inzwischen erhebliche gesundheitliche Probleme in ganz Indien darstellt. Der Prävention sollte zwar ein höherer Stellenwert eingeräumt werden, aber angesichts der erheblichen gesundheitspolitischen Folgekosten muss die Entgiftung der Gewässer kurzfristig Priorität haben. Eines der wirksamsten und auch kostengünstigsten Maßnahmen ist: die Wasserlinse.

Die Literatur berichtet über sehr viele Anwendungen der „Phytoremediation“, also Sanierung durch Pflanzen. Wie schon berichtet, ist die Wasserlinse in der Lage, eutrophierte Gewässer zu reinigen, sie also von dem Überschuss an Nährstoffen zu befreien. Darüber hinaus gelingt es der Wasserlinse, den Gewässern Cadmium, Kupfer und Quecksilber und andere Schwermetalle zu entziehen. Auch bei mehreren Farbstoffen aus der Textilindustrie war die Wasserlinse erfolgreich. (Zweifelsohne wäre die direkte Filterung der Abwässer

---

<sup>10</sup> Die Autoren dieses Kapitels sind: **Klaus-J. Appenroth** vom Matthias Schleiden Institut – Pflanzenphysiologie, Universität Jena, Deutschland und **K. Sowjanya Sree** vom Department of Environmental Science, Central University of Kerala, Periyar, 671320, India

<sup>11</sup> Für ein vertieftes Quellen-Studium zur Verbreitung, Nutzung und wissenschaftlichen Quellen zur Wasserlinse in Indien wird auf den nachfolgenden Link verwiesen, der vom Deutsch-Brasilianischen Agrarpolitischen Dialog zur Verfügung gestellt wurde: <https://de.apdbrasil.de/wasserlinse>

und Entsorgung der Schadstoffe sinnvoller als die nachsorgende Reinigung in riesigen Wasserkörpern...).

Wissenschaftliche Untersuchungen wurden durchgeführt zur Rolle der Wasserlinse in unterschiedlichen komplexen Industrieabwässern, neben der Textil- z.B. auch in der pharmazeutischen Industrie. Auch bei der Reinigung des menschlichen Gebrauchswassers wurde die Wasserlinse getestet und sogar bei der Reinigung fließender Gewässer.

Oft steht die Wasserlinse in Verbindung mit der Präsenz von spezifischen Bakterien, die für die Wasserreinigung positive Wirkungen haben.

Aus allen Anwendungen zusammengenommen werden riesige Mengen an (teilweise kontaminierter) Biomasse aus der Wasserlinse gewonnen. Mehrere Autoren schlagen vor, diese Biomasse in allen ihren Rohstoffkomponenten, Werkstoffen und Zwischenprodukten in einer **Bioraffinerie** möglichst vollständig zu verwerten. Je nach Reinheitsgrad kann dabei auch Energie oder Tierfutter entstehen.

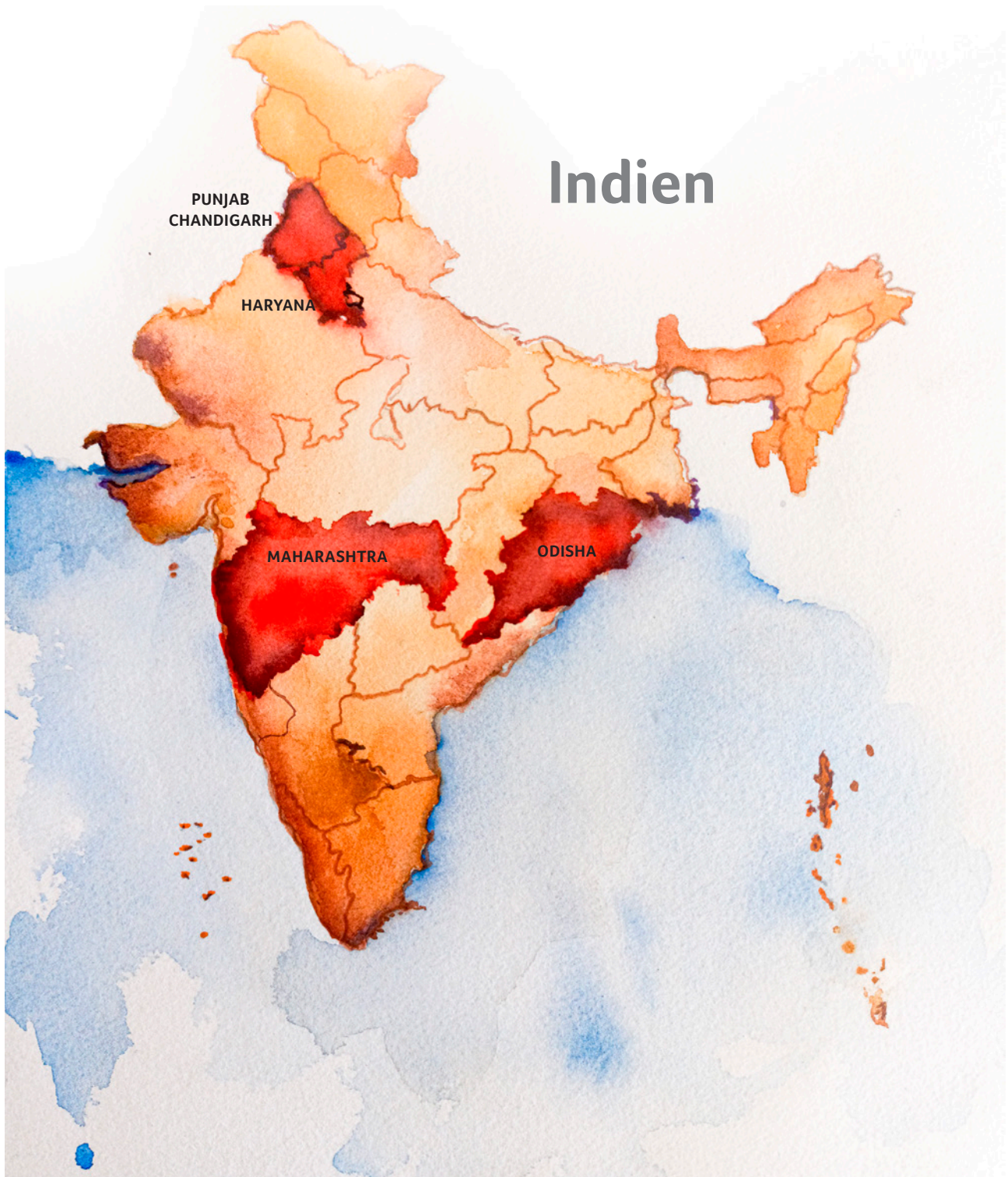
In der Literatur wird breiter auch über die Tierfütterung berichtet, insbesondere für Hühner, Tilapia, aber auch für eine spezielle Karpfenart.

Über energetische Nutzung der Wasserlinse wird berichtet, aber in erster Linie als ein Nebenprodukt der Phytosanierung. Die Wasserlinsen allein für bioenergetische Zwecke zu erzeugen, wäre nicht sehr vernünftig.

## **Anwendungen zur Reinigung von Gewässern**

Im Folgenden werden einige konkrete Anwendungen der Wasserlinse in Indien beispielhaft skizziert. Solange es sich um Anwendungen zur Reinigung von Gewässern handelt, kann eine Unterscheidung von städtischen und ländlichen Situationen sinnvoll sein. In den städtischen Anwendungen handelt es sich meist um komplexe Industrieabwässer mit sehr unterschiedlichen, oft komplexen, toxischen Verbindungen. Die Reinigung urbaner Abwässer bedarf in der Regel gigantischer Investitionen. Der Einsatz der Wasserlinse ist dabei nur eine von vielen Stufen und Komponenten. Eine spätere Nutzung der Wasserlinse als Tierfutter verbietet sich selbstverständlich. In ländlicher Umgebung handelt es sich bei verunreinigten Abwässern oft nur um Anreicherungen von Pflanzennährstoffen, die von

der Wasserlinse aufgenommen werden, ohne dass es zu einer Beeinträchtigung für edlere Verwendungszwecke in der Tierfütterung kommen muss. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) berichtet über die weltgrößte Anlage zum Recycling von städtischen Abwässern in der Hauptstadt des Bundesstaates Westbengalen, Kolkata. Hier werden effizient 90 % des Abwassers für Aquakulturen verwendet. Dennoch meldet die WHO gesundheitliche Bedenken an.



Quelle: [https://surveyofindia.gov.in/webroot/UserFiles/files/1\\_16-state%20boundary-1.pdf](https://surveyofindia.gov.in/webroot/UserFiles/files/1_16-state%20boundary-1.pdf)

*Sulabh International*, eine Indische NGO, setzt die Wasserlinse ein, um Gebrauchswasser zu reinigen, in Wazirabad, im Norden von New Delhi und in den Bundesstaaten Odisha und Haryana. Laut *Sulabh* liegen die Kosten des Reinigungsprozesses mit den „*duckweed ponds*“ bei nur 70 % gegenüber den traditionellen Verfahren, die auf Schlammfäulungs-Verfahren („*activated sludge treatment methods*“) beruhen. Allerdings berichtet *Sulabh* von Cyanobakterien und hohen Schweröl- und Fettkonzentrationen in Abwässern, was zunächst einmal darauf verweist, dass die Abwässer, die in die Wasserlinsenteiche geleitet werden, ständig kontrolliert werden müssen und dabei die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften auch durchgesetzt werden muss.

## **Abwässer in Wasserlinsenteichen**

In ländlichen Regionen werden die Teiche, in die das Abwasser hineingeleitet werden soll, meist von den Dorfbewohnern selbst ausgehoben und gebaut. Dieses Abwasser ist normalerweise eine Mischung aus Grauwasser (Abwasser aus Bad und Küche) und Schwarzwasser (Toilettenabfluss). Fast jedes Dorf im ländlichen Indien hat einen solchen Teich, der befüllt wird mit Schmutzwasser aus dem Haushalt, Küchenabfällen, Seifenlaugen von der Kleidungswäsche, Exkremete und Urin. Diese Teiche bilden auch gleichzeitig das Habitat für Rinder oder Wasserbüffel. Oft sind die sanitären Bedingungen prekär, Faulgerüche gehen von diesen Teichen aus, nicht selten gehen Krankheiten von ihnen aus. Es ist daher von großer, auch gesundheitlicher Bedeutung, diese Dorfteiche rational zu nutzen und zu sanieren. Gleichermäßen ist es bedeutsam, dass die Dorfbewohner eine aktivere Rolle im Management und Recycling der örtlichen Abwässer spielen.

Diese Dorfteiche sind üblicherweise reich an Nitraten, Phosphaten und Kalium, exakt die Nährstoffe, die Pflanzen in großen Mengen benötigen. In der Abwesenheit toxischer Industrieabwässer können diese durch Phytosanierung gereinigt werden. Ergebnis ist eine hohe Menge an Biomasse. Neben den verschiedenen Gattungen der Wasserlinse kommen dafür auch Wasserhyazinthe (*Eichornia*), Wassersalat (*Pistia*) oder Schwimmpflanze (*Azolla*) in Frage. All diese Pflanzen sind in der Lage, den Nährstoffüberschuss aufzunehmen und in Biomasse zu verwandeln. Mit Abstand am geeignetsten sind allerdings die Wasserlinsen, weil sie einfach geerntet werden können und im Gegensatz zu den anderen eine deutlich bessere Nährstoffqualität aufweisen, was sie für die Fütterung an Rinder oder Fische

nützlich macht. Die geerntete Biomasse kann in den Tropen und Subtropen während des größten Teils des Jahres einfach in der Sonne getrocknet werden. Es wurde darüber berichtet, dass getrocknete Wasserlinsen mehr als 10 Jahre gelagert wurden, ohne Pilzbefall oder Verluste an der Nährstoffqualität zu erleiden.

## **Schnelles Wachstum**

Unter praktischen Bedingungen können pro Jahr 20 Tonnen Trockengewicht pro Hektar erwartet werden mit einem Proteinanteil von 35 %. Damit kann eine Proteinproduktivität von sieben Tonnen pro Hektar erreicht werden. Wasserlinsen können Soja ersetzen, das für die Bauern sehr teuer ist, die proteinreiches Futter für Hühner, Ziegen, Schweine, Enten und besonders Fische hinzukaufen<sup>12</sup>. Es ist jedoch wichtig, dass die Wasserlinsenteiche regelmäßig gewartet werden, damit sie ihre volle Leistungsfähigkeit erreichen können. Diese Arbeit erfordert keine besonderen technischen Maßnahmen und kann leicht von den Dorfbewohnern übernommen werden. Zwischen 0,5 bis 1,5 Tonnen Biomasse im Frischgewicht können pro Tag und Hektar erreicht werden. Abhängig von der tatsächlichen Wachstumsrate sollte alle drei Tage ein Drittel bis zur Hälfte der Biomasse geerntet werden. Die Bedeckung der Wasseroberfläche mit Wasserlinsen verhindert das Wachstum von einzelligen und fädigen Algen im Abwasser. Mehrere Fischarten wie Karpfen, Tilapia, Welse und Schlangenkopffische wurden erfolgreich mit Wasserlinsen gefüttert. Üblicherweise tragen die Wasserlinsen mit bis zu 30 % zum Fischfutter bei.

Wasserlinsen sind damit Träger einer erfolgreichen Konversion von Abfall zur Ressource und erlaubt gleichzeitig, den wirtschaftlichen Status der ländlichen Dorfbewohner zu verbessern.

---

<sup>12</sup> Die Zahlen und Informationen wurden erhoben von Wasserlinsenteiche in mehreren Dörfern in Sanghol and Chanarthal kalan im Fatehgarh Sahib District im Bundesstaat Punjab.

## **Lemnion Green Solutions – Innovationen im Umweltbereich**

Eine weitere Anwendung der Wasserlinse stammt von Lemnion Green Solutions, eines indischen Start Up-Unternehmens in Pune, im Bundesstaat Maharashtra, das sich auf die Behandlung von Abwässern spezialisiert hat. Ziel ist eine ökologische Erneuerung. Das Start-Up liefert Systeme zur Brauchwasseraufbereitung mit Kapazitäten von eintausend bis drei Millionen Litern pro Tag. Die Biomasse kann nach zwei Wochen geerntet werden und kann für die Düngung im Garten eingesetzt werden.

## 5. Das Projekt

Einführung von Wasserlinsen im semi-ariden Raum Brasiliens als eine ökologisch und sozial nachhaltige Quelle von hochwertigem pflanzlichem Eiweiß und Stärkung der bäuerlichen Wirtschaft

### 5.1. Projektregion, Zielgruppe und Projektansatz

Das Klima im Hinterland des Bundesstaates Pernambuco ist semi-arid; mit einer Regenzeit von Januar bis April mit durchschnittlichen Niederschlägen von 500 mm pro Jahr, allerdings mit erheblichen Schwankungen im Laufe der Jahre. Die niedrigsten Temperaturen liegen im Laufe bei 19 °C (min.) im Juli und 23 °C (max.) im Dezember. Die Nachmittagstemperaturen schwanken in der Regel zwischen 29 °C im Juni/Juli und 35 °C im November<sup>13</sup>. Die Luftfeuchtigkeit liegt während der heißesten Monate bei ca. 20 %. Dementsprechend herrscht eine erhebliche Verdunstungsrate von bis zu 7 mm/Tag.<sup>14</sup>

Das Brasilianische Institut für Geografie und Statistik (IBGE) informiert, dass 82,6 % der ländlichen Betriebe in Pernambuco als bäuerliche Familienbetriebe anzusehen sind. Davon haben 87 % eine Fläche zwischen 5 und 200 Hektar<sup>15</sup>.

Zwischen den Landwirtschaftszählungen 2006 und 2017 - so die IBGE - ist die Zahl der von Frauen geführten bäuerlichen Betriebe um 46,4 % gestiegen. 72 % der Familienbetriebe werden von Männern geführt.

---

<sup>13</sup> Quelle: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/5562/mirandiba-pe> Tatsächlich lagen die Temperaturen während des Projektzeitraumes deutlich über den statistischen Mittelwerten aus den letzten 30 Jahren. So wurden mehrfach Werte bis zu 38 °C gemesse.

<sup>14</sup> Die Versuche sind von September bis Dezember 2024 durchgeführt worden. Dabei betrug die Messung bis zu 7 mm Evapotranspiration in den Lemnateichen. Um diesen Wert zu senken, spannten die Projektteilnehmer Schattennetze und bauten Windschutzanlagen. Die relative Luftfeuchtigkeit von 20 % wurde mit einem einfachen digitalen Thermo-Hygrometer gemessen.

<sup>15</sup> Die Informationen über bäuerliche Betriebe in Brasilien und die Statistiken über bäuerliche Betriebe in Pernambuco stammen aus folgenden Quellen: Sette, Ana Beatriz Pereira, 1993-2021. [Um novo retrato da agricultura familiar do estado de Pernambuco \[recurso eletrônico\]: a partir dos dados do censo agropecuário 2017](#) / Ana Beatriz Pereira Sette, Rosimere Miranda Fortini; coordenador Marcelo José Braga - Viçosa, MG: IPPDS, UFV, 2021; und Volkszählung 2022 des Brasilianischen Instituts für Geografie und Statistik (IBGE). <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/mirandiba/panorama>, abgerufen am 20.02.2024.



Mirandibas Stadtzentrum, Ort des Wochenmarktes, wo Kleinbauern die Produkte der „Produktiven Hinterhöfe“ vermarkten

## Mirandiba

Mirandiba ist eine ländliche Gemeinde im Landesinneren des Bundesstaates Pernambuco mit 14.166 Einwohnern. Die ethnische Vielfalt, die Mirandiba charakterisiert, wurde erst in den letzten Jahrzehnten anerkannt: durch territoriale Garantien sowie durch den Zugang zu besonderen Formen der Sozialhilfe, da das Einkommen dieser Bevölkerungsgruppen oft sehr gering ist. Dazu gehört die indigene Bevölkerung der Atikum und die traditionellen ländlichen Quilombola-Gemeinschaften in sogenannten Quilombos<sup>16</sup>.

Statistisch liegt das durchschnittliche Monatseinkommen für 56,2 % der Einwohner der Gemeinde bei der Hälfte des Mindestlohns, ca. 133 Euro.

Die Gemeinde ist landwirtschaftlich und kleinbäuerlich geprägt. Die Trockenzeit dauert etwa acht Monate. Die wichtigsten landwirtschaftlichen Erzeugnisse sind Baumwolle, Mais, Maniok, Bananen, Bohnen und Guaven<sup>17</sup>. Mirandiba ist derzeit einer der größten Guavenproduzenten in Pernambuco. Die Produktion erfolgt durch Brunnenbewässerung.

<sup>16</sup> Quilombos waren Gemeinschaften in abgelegenen, schwer zugänglichen Regionen, die in der Kolonialzeit von entlaufenen afrikanisch-stämmigen Sklaven oder ihren Nachkommen gegründet worden sind.

<sup>17</sup> Informationen des Rechnungshofs des Bundesstaates Pernambuco (TCE) <https://tomeconta.tce.pe.gov.br/mirandiba/> abgerufen am 20.02.2024.



Verkauf von Produkten der bäuerlichen Betriebe auf dem Markt von Mirandiba

Die ländliche Bevölkerung ist in der Regel arm oder sehr arm. Der Großteil der familiären Einnahmen stammt aus außerlandwirtschaftlicher Beschäftigung oder Sozialtransfers. Einige Zahlen mögen die grundsätzlichen sozialen und wirtschaftlichen Herausforderungen für produktive Ansätze der Armutsbekämpfung illustrieren:

43 % der Betriebe werden von funktionalen Analphabeten geführt, 94 % erhalten keine Agrarberatung, 1,4 % verfügen über landwirtschaftliche Maschinen.

39,2 % der Betriebsleiter sind organisiert, davon 44,8 % in einem bäuerlichen Interessensverband („Gewerkschaft“) und 35,4 % in einer Erzeugerbewegung. Immerhin 13,5 % verfügen über ein Bewässerungssystem. In den letzten Jahren hat die Gemeindeverwaltung begonnen, lokale offene Märkte für die bäuerlichen Betriebe zu unterstützen. Diese Märkte finden alle vierzehn Tage freitags statt. Die Hauptverkäufer sind Frauen aus ländlichen Gemeinden, darunter auch aus den Quilombolas und Indigene. Diese kommunale Politik ermöglicht es ihnen, zusätzliche Einkommen zu generieren, z.B. durch Produkte aus ihren produktiven Hinterhöfen.



## Der Projektansatz

Die Initiative Wasserlinse ist ein Pilotprojekt des bilateralen Kooperationsprogramms des BMEL im Rahmen des Innovations- und Transformationsfonds. Sie entspricht dem institutionellen Auftrag, einen positiven Beitrag zur Transformation der globalen Ernährungssysteme zu leisten. Die Initiative wurde mit brasilianischen Partnern im sog. Sertão von Pernambuco, in der Gemeinde Mirandiba, entwickelt und umgesetzt. Ziel war es, Fischteiche für Kleinbauern anzulegen und die Wasserlinse als eine eiweißreiche Futterquelle zu testen und einzuführen. Innovationen und angepasste traditionelle und neue landwirtschaftliche Praktiken sollten aufgrund der Fachberatung und der wissenschaftlichen Unterstützung im Rahmen verschiedener Partnerschaften, z.B. mit dem agronomischen Institut von Pernambuco (IPA), der Gemeindeverwaltung von Mirandiba, der Bundesuniversität von Pernambuco und der Kooperation mit der Friedrich-Schiller-Universität Jena in Deutschland eingeführt werden. Als Zielkompass diente eine Vision, in der die lokale Fischproduktion angeregt, die lokale Ernährung vielfältiger, die Einkommensquellen insbesondere für die bäuerliche Zielgruppe erweitert werden und in der die organisierten bäuerlichen Familien über ein neues und neu zu entwickelndes Geschäftsmodell, beginnend bei der pflanzlichen Produktion über die Veredlung bis hin zur Vermarktung die Kontrolle behalten.

## 5.2. Die Wasserlinse im semi-ariden Pernambuco

Zum Projektanfang am 01.06.2023 war Trockenzeit, und es herrschten in der Projektregion Höchsttemperaturen von etwa 30 °C. Im Restwasser von Tümpeln in Trockenflüssen wurden Lemnapopulationen gefunden. Meistens kamen sie dann zusammen mit *Wolffia* und *Azolla* vor, wobei *Lemna* dominierte.

Ab Mitte August 2023 nahmen die Populationen der drei Arten mit den weiter ansteigenden Temperaturen kontinuierlich ab, bis sie ab September kaum mehr anzutreffen waren. Ganz geringe Populationen wurden am Rand vom Restwasser im Schatten von Gräsern gefunden, dann auch wieder vermischt mit anderen Wasserpflanzen.

Andererseits fand der Projektleiter in dieser Zeit noch in zwei Stauseen *Wolffia*, die sich ganzflächig ausgebreitet hatte. Diese Populationen haben sich dann noch bis zum Ende der Trockenzeit auch unter totaler Sonneneinstrahlung und Temperaturen bis zu 37 °C erhalten. Der Durchmesser der „*Wolffia*-Kügelchen“ hat sich mit ansteigender Temperatur auf einen Bruchteil der im Juni beobachteten Exemplare verringert. Es dürfte sich dabei um eine Anpassung an die extreme Temperatur und Sonneneinstrahlung handeln. Einer der beiden Stauseen trocknete dann vollständig aus und damit verschwand auch die *Wolffia*.

Mit dem Einsetzen der Regenzeit Anfang Januar und der Befüllung der Stauseen kehrte dann die Wasserlinse wieder zurück, innerhalb weniger Tage hat sie sich auch auf einige Hektar großen Stauseen flächendeckend ausgebreitet. Diese extrem schnelle Ausbreitung ist eigentlich nur über örtlich vorhandenen Samen zu erklären, da ein Zufluss aus anderen Gewässern auszuschließen war und der Prozess mittels Übertragung durch Wassertiere viel länger gedauert hätte. Da *Lemna* keine Turionen<sup>18</sup> bilden, ist auch dieser Weg einer schnellen Ausbreitung ausgeschlossen.

*Spirodela* wurde in der Projektregion nicht angetroffen und wurde dann im Dezember auf Anregung von Prof. Dr. Klaus Appenroth im Online-Handel angekauft. Während der Trockenzeit konnte sie also nicht beobachtet werden. In der Regenzeit entwickelt sie sich hervorragend.

---

<sup>18</sup> Turionen sind Knospen oder „Hibernakeln“, die in gemäßigten Klimazonen der Überwinterung dienen. Die Knospen fallen im Winter auf den Grund des Gewässers und treiben unter günstigeren Bedingungen im Frühjahr wieder aus.

### 5.3. Empirische Untersuchungen und Strukturierung der Pilotprojekte in Mirandiba

Um das Wachstum von Lemna in der Projektregion zu testen, wurden mit Projektbeginn verschiedene lokale Populationen gesammelt und getestet. In den Monaten Juni bis August lag die Mittagstemperatur bei etwa 31 °C. Die ersten Versuche wurden in Wasser mit geringem Salzgehalt durchgeführt.

**Versuchsordnung:** Einfluss unterschiedlicher Düngung mit den drei Makronährstoffen Stickstoff, Phosphor und Kalium (NPK) auf das Wachstum von zwei Lemnapopulationen.

|                   | 0 g NPK       | 6 g NPK             | 12 g NPK            |
|-------------------|---------------|---------------------|---------------------|
| Lokale Lemna      | Kaum Wachstum | Intensives Wachstum | Intensives Wachstum |
| Lemna Belo Jardim | Kaum Wachstum | Intensives Wachstum | Intensives Wachstum |

Es wurde hier zunächst einmal deutlich, dass die Wasserlinse – wenig überraschend - für ein gutes Wachstum auf Nährstoffe angewiesen ist. Zwischen den Düngermengen und Populationen unterschiedlichen Ursprungs war nach Augenschein allerdings kein Unterschied festzustellen.

Bald wurde festgestellt, dass die Wasserlinse stark unter der im Jahresverlauf zunehmenden Temperatur leidet, und so wurden bei den Kleinbauern kleine Anlagen aufgebaut, bei denen die Fläche beschattet wurde. Da bei diesen Versuchen das Wasser häufig sehr stark versalzen war, konnten daraus zunächst keine Schlussfolgerungen gezogen werden. Im späteren Projektverlauf zeigte sich allerdings, dass die Nutzung von Beschattungsfolien sich sehr positiv auf das Wachstum der Wasserlinse auswirken.

## Anlage von Pilotprojekten

Am Anfang musste das Pilotprojekt definiert und ausgestaltet werden. Dabei ging es im Wesentlichen um folgende Parameter:

- Größe der Wasserfläche;
- Bauweise (Betonteiche, Erdteiche, mit Plastikfolie ausgelegt);
- Bauausführung (maschinell oder händisch);
- Isolierte Lemnaproduktion oder integriert mit Fischhaltung;
- Technisches Niveau der Produktion.

Die entsprechenden Möglichkeiten sollen in der folgenden Tabelle dargestellt werden. Genau wie andere landwirtschaftliche Produkte lässt sich die Wasserlinse extensiv oder intensiv produzieren:

| Parameter               | Extensiv  | Intensiv   |
|-------------------------|---|--|
| Nutzung                 | Nutzung als Futter, vor allem für Fische, keine Vermarktung                           | Nutzung für tierische und menschliche Ernährung. Vermarktung wird angestrebt.        |
| Genutzte Population     | Andere Lemnaarten oder auch andere Wasserpflanzen werden im bestimmten Maße toleriert | Monokultur einer bestimmten Lemna Art. Andere Wasserpflanzen werden nicht toleriert. |
| Wachstumsziel           | Kontinuierlicher Wuchs wird angestrebt  | Maximum an Proteingehalt wird angestrebt   |
| Düngung                 | Düngung mit Mist  | Düngung mit ausgewogener Nährlösung  |
| Bemessung der Düngung   | Bemessung der Düngung nach Erfahrungswerten   | Bemessung aufgrund Analyseergebnissen  |
| Standort                | Freiland ohne Beschattung   | In Binnenanlagen oder im Freiland mit Beschattung                                    |
| Anlage der Wasserbecken | Einfache Teiche mit Erdwällen.  | Feste Anlagen aus Beton etc.   |
| Betreiber               | Kleinbauern, kleine Fischbetriebe   | Spezialisierte Betriebe  |
| Investitionen           | Gering  | Hoch   |
| Betriebsform            | Nebenbetrieb, eine Aktivität von mehreren   | Hauptbetrieb, Spezialisierung  |

Von links nach rechts: Lemna minor, Wolffia arrhiza und Spirodela polyrhiza

Becken mit Wasserlinsen, die an verschiedenen Standorten in Pernambuco zur empirischen Recherche ihres Wachstums gesammelt wurden



Da die Zielgruppe aus Kleinbauern bestand, wurde ein integriertes System mit Fischzucht / Wasserlinsen und Bewässerungslandwirtschaft konzipiert. Dieses System besteht aus den folgenden Komponenten:

- Ein Tank für Fische (Tilapia);
- Schwimmende Käfige für Wasserlinsen (Es ist nicht möglich, sie zusammen mit den Fischen zu platzieren, da sie sonst von ihnen verzehrt werden würden.);
- Eine kleine Fläche für bewässerte Landwirtschaft;
- Eine Solarpumpeneinheit.

Das Wasser wird aus bisher nicht genutzten 25 Tiefbrunnen gepumpt, wobei die Durchflussraten zwischen 800 l/Stunde und 4500 l/Stunde liegen. Die Solarpumpen haben Leistungen von 0,5 bis 0,7 Watt. Die jeweils geförderte Menge ist an die langfristige Leistung der Brunnen (Liter/Stunde) angepasst. Die maximale Durchflussmenge beträgt 3500 l/Stunde.

Die Teiche wurden überwiegend mit einem Bagger ausgehoben. Dazu waren im Schnitt 2 Maschinenstunden notwendig. Zwei Bauern haben ihre Teiche in Handarbeit ausgehoben und dafür jeweils 8 Arbeitstage gebraucht.

Die Abmessungen betragen 5 m x 9 m bei einer Tiefe von 1m. Bei einer Wassertiefe von 0,8 m ergibt sich ein Volumen von 36 m<sup>3</sup>. Bei einem durchschnittlichen Pumpvolumen von 2000 Liter pro Stunde dauert das Befüllen des Tanks 18 Stunden. Unter Berücksichtigung von 6 Stunden nutzbaren Sonnenlichtes pro Tag dauert es 3 Tage, um den Tank zu füllen.

Kontinuierliches Pumpen während der heißesten Stunden des Tages ermöglicht eine ausreichende Sauerstoffversorgung des Bestands mit 8 Fischen/m<sup>2</sup>. Bei einer Wasserfläche von 5 m x 9 m = 45 m<sup>2</sup> können also sicher 300 Fische in einem Becken gehalten werden..

Die bepflanzte Fläche hängt von der Durchflussmenge des Brunnens ab. Bei einer Pumpdauer von sechs Stunden pro Tag und einer Pumpleistung von 2.000 Liter/h werden 12.000 Liter pro Tag befördert. Bei einer Evapotranspiration von 5 mm/Tag in den wärmeren Monaten können 2.400 m<sup>2</sup> (12.000/5), also ca. ein Viertel Hektar bewässert werden.



Solaranlage mit Pumpe

Schwimmkäfige wurden mit einem Gemisch aus den Gattungen Lemna, Spirodela und Wolffia besetzt. Die unterschiedliche Anpassungsfähigkeit der Arten soll das Wachstum unter den variierenden Umweltbedingungen innerhalb eines Jahres gewährleisten und Risiken abschirmen. Nach den bisher gemachten Beobachtungen dürfte während der kühleren Regenzeit Lemna dominieren und während der heißen Trockenzeit Wolffia.

### **Das System vereint mehrere Elemente, die für eine nachhaltige Produktion wichtig sind:**

- Bewässerungsprojekte scheitern oft an den hohen Energiekosten für das Pumpen. Die Installation von Solarpumpen löst dieses Problem.
- Die kontinuierliche Sauerstoffzufuhr beschleunigt die Zersetzung des in den Tanks befindlichen organischen Materials (Mist und Gemüsereste) und trägt zu einer Steigerung der Produktion von Wasserlinsen und Fisch bei.
- Wasserlinsen bieten Fischen eine Ernährung mit hochwertigen Proteinen und verringern so die Abhängigkeit von kommerziellem Futter. Viele konventionelle Fischzuchtprojekte sind aufgrund der hohen Futterkosten nicht realisierbar.



Experimentelles Becken zur Züchtung von Wasserlinsen in der Gemeinde Barreira, Mirandiba

- In einigen Fällen ist das Wasser sehr salzig, aber es kann immer noch zur Haltung von Tilapia verwendet werden, einem Fisch, der hohen Salzbelastungen standhält. In der Bewässerungswirtschaft kann salzhaltiges Wasser für den Anbau von Atriplex genutzt werden, eine äußerst salzresistente Pflanze, die als Nahrung für Tiere dient.
- In diesem System wird das gleiche Wasser für die Produktion von Wasserlinsen, Fischen und für Bewässerung benutzt. Es handelt sich daher um eine Form von effizienter Nutzung knapper Ressourcen.

## Schematische Darstellung des nachhaltigen Fischproduktionssystems mit Wasserlinsen in Mirandiba



## Die direkte Zielgruppe

Die am Projekt beteiligten Kleinbauern kultivieren zwischen 1 – 5 ha, auf denen sie vor allem während der Regenzeit Mais, Bohnen und Maniok anbauen<sup>19</sup>. Der Anbau geschieht auf gepflügten und dauerhaft genutzten Flächen (*shifting cultivation* wird schon sehr lange nicht mehr betrieben). Es wird in der Regel weder mineralisch noch organisch gedüngt. Diese Flächen verlieren somit im Laufe der Jahre immer mehr ihre Fruchtbarkeit. Das Ertragsniveau ist entsprechend sehr niedrig. Alle Projektteilnehmer halten Hühner, Schafe oder Ziegen. Einige auch Rinder. Das Risiko sowohl im Pflanzenbau als auch in der Tierhaltung ist aufgrund der klimatischen Bedingungen extrem hoch. Man kann nur in drei von zehn Jahren mit optimalen Regenfällen rechnen. Ansonsten gibt es erhebliche Ertragsminderungen oder Totalausfälle.

Einige am Projekt beteiligte Bauern bewässern schon kleine Flächen, meist für den Gemüsebau, die sogenannten Produktiven Hinterhöfe („*Quintais Produtivos*“ siehe Box). Hier wird auch meist mit Mist gedüngt. Bewässerung zu betreiben ist das Ziel oder der Traum der meisten Kleinbauern in der Region, und so ist es auch in der Zielgruppe des Projektes.

| Siedlung        | Zahl vom Projektteilnehmer | Soziale Integration       | Bemerkungen                                |
|-----------------|----------------------------|---------------------------|--|
| Barreira        | 8                          | Quilombola                |  |
| Cacimba Nova    | 3                          | Agrarreform               |  |
| Juazeiro Grande | 3                          | Quilombola                |  |
| Tamboril        | 5                          | Indigene Gruppe           |  |
| Jardim          | 1                          | Traditionelle Kleinbauern | Gruppe von 5 Familien betreibt eine Anlage |
| Araçá           | 2                          | Quilombola                |  |
| Cajueiro        | 3                          | Quilombola                |  |

<sup>19</sup> Ehemalige Cash Crops wie Baumwolle und Rizinus werden in der Region und auch von den Projektteilnehmern nicht mehr angebaut.

## 5.4. Partnerschaften: Integration mit lokalen und bundesstaatlichen Akteuren aus Zivilgesellschaft, Wissenschaft und Agrarpolitik

Das Projekt hat von Anfang an auf Partnerschaften und Integration mit lokalen Partnern aus der Stadtverwaltung, der Universität und Agrarforschung, aber auch von zivilgesellschaftlichen Netzwerken gesetzt. Dies erforderte manche Abstimmung und Sitzung. Es war jedoch genau dieser Koordinationsaufwand, der sich als ein zentraler Erfolgsfaktor herausstellte. Im Einzelnen sind folgende Akteure zu nennen, die frühzeitig eingebunden wurden und aktiv an der Arbeit und am Erfolg des Vorhabens mitgewirkt haben:

### Die „*Prefeitura*“

Die kommunale Verwaltung („*Prefeitura*“) hat an Planungssitzungen und Versammlungen sehr frühzeitig teilgenommen und durch das „Sekretariat für Landwirtschaft“ die Implementierung der Pilotprojekte unterstützt. Der Gemeindesekretär für ländliche Entwicklung, João Batista Furtado de Sá, wurde vom Projekt angesprochen, das Pilotprojekt in Mirandiba durchzuführen. João Batista war von diesem Innovationsansatz sofort begeistert, es passe perfekt zum Profil von Mirandiba: „Die Gemeinde liegt an einem großen Grundwasserleiter, dem Jatobá-Becken, das Süßwasser produziert und mehrere ländliche Grundstücke bewässert. Es gibt jedoch Orte, an denen das Wasser salzhaltig ist. In diesen Liegenschaften kann man das Grundwasser nicht für die Landwirtschaft nutzen, aber für die Fischzucht und die Produktion von Wasserlinsen als Proteinquelle für Tiere kann es sehr wohl verwendet werden. Wir glauben, dass diese Innovation mit den in unserer Gemeinde bereits vorhandenen Ressourcen eine ideale ergänzende Lösung für die Schaffung bäuerlicher Einkommen darstellt“, erklärte er.

Ursprünglich hatte die *Prefeitura* zugesagt, die Kosten für den Bagger zum Ausheben der Fischeiche zu übernehmen, was sich aus administrativen Gründen aber nicht konkretisierte. Insgesamt war die „*Prefeitura*“ ein zentraler Partner des Vorhabens. Die Unterstützung dieses Partners der öffentlichen Verwaltung war und ist bei dieser Art von Innovationsansätzen zweifelsohne von großer Bedeutung.



Labor in der Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST): links, Studenten mit Wasserlinsen, rechts, mit dunkeltem Hemd, Magnus Möllgard und Prof. Ugo Lima

## **Agrarwissenschaftliches Institut von Pernambuco (IPA)**

IPA war von Anfang an ein strategischer Partner. Das Institut ist dreigliedrig strukturiert: auf lokaler, regionaler und Landesebene.

Die lokalen Mitarbeiter haben sich ebenfalls sehr engagiert, insbesondere in der Anfangsphase war der Arbeitsaufwand so groß, dass es ohne die IPA nicht gegangen wäre. Beispielsweise halfen sie, die Standorte zu kartieren, die sich für die Einführung der Wasserlinse und der Fischzucht eigneten. Francisco Charles Bezerra Cabral de Lima, ein Agrartechniker, von IPA ist für die technische Unterstützung der Kleinbauern in Mirandiba zuständig.

Neben der technischen Beratung widmet sich das IPA auch der landwirtschaftlichen Forschung, was das Interesse der Institution an einer Partnerschaft mit dem Wasserlinsenprojekt geweckt hat. Charles erklärt, dass es in der Region viele artesische Brunnen gibt, die salzhaltiges Wasser produzieren und daher für die Bewässerung von Pflanzen oder für den menschlichen Verzehr ungeeignet sind. Diese Wasserressourcen können jedoch für die Aufzucht von Fischen wie Tilapia oder Garnelen und für die Produktion von Wasserlinsen genutzt werden, die eine relativ hohe Salztoleranz aufweisen.



Sitzung vom Gemeinderat für nachhaltige ländliche Entwicklung in Mirandiba

Auch auf der regionalen Ebene hat IPA das Vorhaben unterstützt. Die beiden Regional-Direktoren haben an mehreren Versammlungen und am internationalen Workshop teilgenommen, sowie die Durchführung der Pilotprojekte begleitet. Darüber hinaus halfen sie in der Kommunikation mit dem IPA-Präsidenten in der Zentrale in Recife. Der IPA-Präsident schließlich war, neben der Landwirtschaftsministerin Pernambucos, der politische Entscheidungsträger in Pernambuco. Er zeigte sich sehr interessiert an dem Projekt und lud die Beteiligten zu einer Versammlung nach Recife ein.

Die „**Akademische Einheit von Serra Talhada**“ (kurz: „**UAST**“) ist eine Außenstelle der Bundesuniversität für Ländliche Entwicklung von Pernambuco. Serra Talhada, ein regionales Zentrum, liegt mitten im Sertão von Pernambuco, nur ca. 60 km von Mirandiba entfernt.

Mehrere Professoren der UAST haben am fachlichen Austausch zur Wasserlinsenproduktion aktiv teilgenommen. Eine Studentengruppe hat lokale Wasserlinsenpopulationen gesammelt und Wachstumsversuche durchgeführt. Im Labor für Wasserorganismen der UAST wurden mehrere Nährstoffanalysen durchgeführt.

Auch hat die UAST an der Vorbereitung des internationalen Workshops teilgenommen und ihre Räume und Anlagen zur Verfügung gestellt.



Haus von Herrn Vavá mit Xique-Xique- und Mandacaru-Kakteen in der Gemeinde Barreira

### **Gemeinderat für nachhaltige ländliche Entwicklung (CMDRS)**

**Der CMDRS** von Mirandiba vertritt 62 Verbände von bäuerlichen Betrieben. Der Gemeinderat hat es geschafft, den Gemüseanbau in den sogenannten „Produktive Hinterhöfe“ zu fördern. Teresa Cristina da Costa Silva, Präsidentin des CMDRS von Mirandiba, erklärt, dass die von den IPA-Technikern durchgeführten Schulungen den lokalen Gemeinschaften helfen, die Lebensmittelproduktion aufrechtzuerhalten. Die Gemeinderäte für nachhaltige ländliche Entwicklung gibt es auch in anderen ländlichen Kommunen des Bundeslandes Pernambuco. Sie werden vom Land Pernambuco unterstützt und verfolgen das Ziel, die Organisationsfähigkeit der lokalen Strukturen zu steigern und die Lebensqualität der bäuerlichen Gemeinden zu verbessern.



Herr Dorivaldo de Sá, Vavá, Multiplikator des Wissens in der Gemeinde Barreira

## 5.5. Gesichter und Persönlichkeiten

In der Gemeinde Barreira in Mirandiba kann man den Sertão und die charakteristische Vegetation der Caatinga bestaunen, wie die riesigen Xique-Xique-Kakteen.

Hier lebt Herr Dorivaldo de Sá, genannt Vavá, 68 Jahre alt. Er ist ein typischer Sertanejo, von kleiner Statur, aber mit der Seele eines Riesen. Ein Charakter mit Eigenschaften, die an das große Werk von Euclides da Cunha's Buch „Os Sertões“ erinnern: „Der Sertanejo ist vor allem stark.“

„Ich habe sogar „dô“ (Schmerz) in meinem Namen“, scherzt er, ein typischer „Sertanejo“. Seine Gastfreundschaft ist unglaublich. Mit seinem Charisma ist er eine wichtige Führungspersönlichkeit in der Region. Sein ganzes Leben lang hat er sich in sozialen Bewegungen, in den kirchlichen Basisgemeinschaften der katholischen Kirche und in der Gewerkschaftsbewegung engagiert. Aufgrund seiner Berufung und seiner Natur ist Vavá ein großer Mobilisator lokaler Gemeinschaften, ein Multiplikator des Wissens.

Als er von den Ambitionen des Pilotprojekts hörte, eine Wasserpflanze innovativ zu nutzen, die es in der Region bereits gibt, die aber bisher nicht für wirtschaftliche Aktivitäten genutzt wurde, überzeugte Vavá mehrere seiner Nachbarn, viele von ihnen Quilombolas,

sich an der Umsetzung des Projekts zu beteiligen. „Ich sehe die Wasserlinsen als eine Chance. Sie ist sicher nicht die Lösung für alle Probleme des Sertão, aber sie kann eine weitere Ressource sein, die man für das Leben in der semi-ariden Region nutzen kann“, sagte er. Auf seinem Land hat Vavá einen Damm gebaut, das aufgestaute Wasserreservoir trocknet in schweren Dürreperioden aus, aber sobald es regnet und sich das Wasser staut, tauchen die Wasserlinsen auf natürliche Weise wieder auf. Vavá beteiligte sich auch aktiv an den empirischen Versuchen des Projektes und ist optimistisch, was diese neue Möglichkeit zur Diversifizierung der einkommensschaffenden Tätigkeiten, einschließlich der Fischzucht, angeht.

### **Produktive Hinterhöfe (*Quintais Produtivos*)**

Produktive Hinterhöfe gehören zu einem bäuerlichen Betrieb. Er besteht aus Gärten, Gemüsegärten, Obstbäumen, Heilpflanzen und beherbergt oft die Aufzucht von Kleintieren, die wiederum organischen Dünger bereitstellen.

Diese Hinterhöfe werden in der Regel von Frauen bewirtschaftet. Hier ist der Ort, an dem auch Lebensmittel für den eigenen Bedarf erzeugt werden. Auf diesem Terrain gehen die Familienmitglieder ihren Tätigkeiten nach, was auf die wichtige Präsenz und Beteiligung der Frauen als Hauptverantwortliche für die Vielfalt der Pflanzen und Arten, die diese Landschaft enthält, hindeutet.<sup>20</sup>

Im Jahr 2023 startete die brasilianische Bundesregierung ein Programm zur Förderung dieser Systeme. Es fördert die wirtschaftliche Autonomie von Landfrauen und zielt auch darauf ab, ihnen den Zugang zu Fördermaßnahmen in der Lebensmittelproduktion und -vermarktung sowie zu sozialer Infrastruktur zu ermöglichen, z.B. Trinkwasser, wie etwa durch Regenwasser-Zisternen.<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup> Pedrosa, Rosangela Aparecida. A Importância dos Quintais Produtivos na Economia Familiar. Abrufbar auf: <https://www.cpa0.embrapa.br/cds/agroecol2016/PDF's/Minicurso.Oficinas/Minicurso-%20Rosangela%20Pedrosa-%20QUINTAIS%20PRODUTIVOS.pdf> – abgerufen am 16/12/2023.

<sup>21</sup> D11642 ([planalto.gov.br](http://planalto.gov.br)), abgerufen am 08/05/2024.



Produktiver Hinterhof in der Gemeinde Araçá

## Quilombolas

Von den Gemeinden, die das Solar-Wasserpumpen-Kit und den gegrabenen Brunnen für die Fischzucht erhalten, sind 16 Quilombolas. Diese Gemeinden, die von Sklaven abstammen, wurden in der Vergangenheit vom brasilianischen Staat vernachlässigt, und erst in den letzten Jahrzehnten wurden öffentliche Maßnahmen ergriffen, um diesen Menschen zu helfen, die Armutsgrenze zu überwinden.

In einer dieser Gemeinden, Araçá, leben Zélia Edite de Araújo Diniz, 56, Glaucilene Silva, 16, Francisca Monteiro Diniz, 49, und Gracielia Maria Diniz, 42. Mit ihren wenigen finanziellen Mitteln bilden sie eine Gruppe von acht Frauen, die den produktiven Hinterhof der Gemeinde bewirtschaften. Als sie von der Wasserlinse erfuhren, einer Pflanze, die es bereits im Wasserreservoir der Gemeinde gibt, von der sie aber nicht wussten, dass sie nützlich ist, eröffnete sich für sie eine weitere Möglichkeit, die Schwierigkeiten des Lebens im Sertão zu überwinden. „Wir sind alle sehr optimistisch“, sagt Zélia. „Wir haben bereits verschiedene Projekte und Ausbildungsprogramme erhalten, die uns geholfen haben, unser eigenes Geld zu verdienen. Das hilft uns, unsere Familien zu versorgen, ohne auf die knappen Mittel warten zu müssen, die uns unsere Ehemänner geben können. Wir werden unabhängiger“, fügt sie hinzu.



Quilombola-Frauen Gracielia, Zélia, Francisca und Kind vor dem natürlichen Wasserlinsenteich in der Gemeinde Araçá

Dona Zélia nutzt eine Biogasanlage in ihrem Hof, in der sie aus dem Dung, den sie in der Gemeinde sammelt, Kochgas herstellt. Francisca züchtet Hühner, die Eier produzieren, die sie zusammen mit den Hühnern auf dem Markt verkauft. Gracielia hat ein kleines lokales Unternehmen, das verarbeitete Agrarerzeugnisse an die Gemeinde verkauft. „Alle diese Unternehmungen wurden uns im Rahmen von Projekten zur Steigerung des Einkommens von Frauen angeboten. Ich selbst wurde im Umgang mit Geld geschult und erhielt einen zinsgünstigen Kredit für den Kauf von Waren, den ich nach und nach zurückzahlte.“, erzählt die Ladenbesitzerin.

Alle zwei Wochen, freitags, verkaufen sie ihre Produkte auf dem Markt von Mirandiba, einschließlich des Gemüses, das sie im produktiven Hinterhof anbauen, und der Mahlzeiten, die sie mit Zutaten aus dem Garten zubereiten. Als sie von der Möglichkeit hörten, Fische zu züchten und sie mit Wasserlinsen zu füttern, waren sie alle begeistert. Die Fischzucht war etwas, das sie sich schon lange gewünscht hatten, um die Ernährung ihrer Familie zu diversifizieren und den Überschuss zu verkaufen, um ihr Einkommen zu erhöhen.



Frau Solange, Atikum Indigene und Familie

## Indigene Völker

In einer der fünf Gemeinden von Tamboril lebt Solange Maria da Conceição Silva, 44, die indigene Anführerin von 55 Familien des Volkes der Atikum. Die charismatische Mutter von sechs Kindern erklärt, dass sie bis zu ihrem 31. Lebensjahr Analphabetin war, es aber schaffte, Pädagogik zu studieren. Heute arbeitet sie als Lehrerin und unterrichtet die Erwachsenen in ihrer Gemeinde, unter anderem mit Alphabetisierungskursen. Mit dem Einkommen aus dieser Tätigkeit unterstützt sie zwei andere indigene Frauen in ihrer Gemeinde, die wie sie selbst, Schwierigkeiten haben, um ihr Studium fortzusetzen.

Die Atikum glauben, dass das Land heilig ist und dass alles, was von ihm kommt, zu ihm zurückkehrt. Sie erzählt von den Zeiten der Verfolgung der Atikum, in denen die Wasserstellen immer wieder Ziel von Konflikten waren. Heute gibt es in dem Gebiet, in dem sie leben, keinen Fluss mehr, und das Trinkwasser für die 40 Familien ihres Dorfes wird mit einer Pumpe gefördert, die abwechselnd alle Häuser versorgt.

Die Landrechte der Atikum sind garantiert. Doch fühlen sie sich vom Organisierten Verbrechen bedroht, das in der Region Drogen herstellt und mit ihnen handelt. „Wir sind nicht sehr beliebt, fühlen uns immer diskriminiert, und obwohl wir auf dem Land leben,

bleiben wir nicht alleine zu Hause, weil wir Angst vor der Gewalt haben, die uns treffen könnte“, sagt sie. „Die Installation der Wasserpumpen wird uns helfen, die Wasserversorgung für den Hausgebrauch sicherzustellen, und ist auch für die Nutzung der Brunnen, die wir bereits gebohrt haben, die aber nicht genutzt werden, von großer Bedeutung. Außerdem gibt es uns die Möglichkeit, Fische zu züchten. Wir hoffen, dass wir unsere Ernährung ergänzen und das, was wir nicht verbrauchen, verkaufen können. Für uns sind die Wasserlinsen eine hervorragende Nachricht“, fügt sie hinzu.

## 6. Erste Ergebnisse des Innovationsprojektes und Lessons Learnt

Das wichtigste Ergebnis dieses Innovations- und Transformationsprojektes ist: Es war erfolgreich, und zwar in mehrfacher Hinsicht: Wasserlinsen haben das Potenzial, unter den schwierigen sozialen und klimatischen Bedingungen des semi-ariden Nordostens Brasiliens, nachhaltig pflanzliches Eiweiß zu produzieren, das als qualitativ hochwertiges Tierfutter eingesetzt wird. Damit kann ein Beitrag geleistet werden, um nicht nur die Vielfalt des Lebensmittelverzehr der lokalen Bevölkerung zu verbessern, sondern auch die bäuerlichen Einkommen, und gleichzeitig einen größeren Anteil der Wertschöpfung in den Händen der bäuerlichen Akteure zu belassen. Hier im Einzelnen die Ergebnisse, und was im Projekt gelernt wurde.

### 6.1. Die wichtigsten Projektergebnisse zu den technischen Produktionsbedingungen der Wasserlinse in Pernambuco

Das Projekt führte von Anfang an - selbständig und gemeinsam mit der Universität von Pernambuco - wissenschaftliche Beobachtungen und Tests mit der Wasserlinse durch. Ergänzt und vervollständigt wurden sie durch ein intensives Literaturstudium, Austausch mit Experten und durch eine systematische Beobachtung und Dokumentation im Projektgebiet während der gesamten Projektzeit. Beispielsweise konnten in der Projektregion bisher die Gattungen *Lemna* und *Wolffia* identifiziert werden. Bei den Experimenten wurde beobachtet, dass *Lemna* bei niedrigeren Temperaturen wuchs. Als sich die Jahreszeiten änderten und die Temperaturen stiegen, begann sich *Wolffia* stärker zu verbreiten.

Während der Regenzeit erscheinen diese Pflanzen in Wasserreservoirien, die während der Dürreperiode austrocknen. Aus diesem Grund ist zu vermuten, dass sich die Wasserlinsen in dieser Umgebung nicht nur vegetativ, sondern auch durch Samen vermehren.



Wasserlinse im ausgetrockneten Wasserreservoir

Die wichtigsten Ergebnisse der Beobachtungen und Schlussfolgerungen zu pflanzenspezifischen Fragestellungen werden im Folgenden dokumentiert:

- **Temperaturen** zwischen 20 °C und 30 °C werden als ideal angesehen. Langfristige Höchsttemperaturen, bei denen das Wachstum noch langsam ablaufen kann, liegen zwischen 30 °C und 36 °C [Landolt, 1987]<sup>22</sup>. Ab 36 °C treten erhebliche Probleme auf. *Spirodela polyrhiza* und *Wolffia globosa* z.B. haben ein genetisch bedingtes höheres Temperaturoptimum und eignen sich besser für warme Klimazonen. In Versuchen tolerierte *Spirodela polyrhiza* sehr hohe Temperaturen (45 °C) über einen relativ langen Zeitraum (7 Tage). Hohe Temperaturen können die Blüte auslösen, um das Überleben durch die Bildung lebensfähiger Samen zu sichern. Die entscheidende Maßnahme zur Verbesserung der Produktion war die Bedeckung der Produktionsflächen mit Schattennetzen.
- Um das **Risiko der Produktion** zu vermindern, wurden die Pilotprojekte nicht als Lemnamonokultur sondern als System mit Wasserlinse, Fischzucht und Bewässerung

---

<sup>22</sup> Landolt, E. ; Kandeler R., 1987. The family of Lemnaceae - a monographic study, Vol. 2: Phytochemistry, physiology, application and bibliography. Vol. 4 in Biosystematic investigations in the family of duckweeds (Lemnaceae). Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rubel, Zürich, 638 pp.



Wasserlinse im Wasserreservoir

konzipiert. Hier spielt die Wasserlinse als Futter für die Fische eine Rolle und der Produzent hat sofort einen direkten Nutzen.

- **Licht:** Eine Wasserlinse benötigt ausreichend Licht für ein angemessenes Wachstum, wobei die höchsten Photosynthese- und Wachstumsraten, die für eine bestimmte Art oder einen bestimmten Klon möglich sind, bei hohen Lichtintensitäten stattfinden. Dies ist vorteilhaft für das bei Wasserlinsen häufig beobachtete Wachstum und die Vermehrung auf offenem, unbeschattetem Wasser. Eine Lichtintensität  $100 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  (photosynthese aktive Strahlung in micromol pro  $\text{cm}^2$  pro Sekunde) gilt als ideal. Andererseits gibt es Versuche in denen bei  $250 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  das größte Wachstum erzielt wurde. Ab  $300 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  gibt es auf jeden Fall erhebliche Probleme. Die maximal erreichbaren Wachstumsraten und die Lichtintensitäten, bei denen sie erreicht werden, hängen stark von der Temperatur ab und variieren erheblich. Das Projekt setzte bei extremer Lichtintensität Schattennetze zur Bedeckung der betroffenen Flächen ein, um die Produktion aufrechtzuerhalten bzw. zu erhöhen. Diese einfache und kostengünstige Maßnahme war sehr erfolgreich.
- Der **pH-Wert** (Säuregrad) des Wassers sollte möglichst neutral (7) bis schwach sauer ( $< 7$ ) sein. Gemeinhin wird beobachtet, dass die meisten Arten bei pH-Werten zwischen 5 und 8 noch gut wachsen Ab pH 8 ist bei den meisten Arten kein Wachstum mehr möglich. Einige Arten kommen auch noch bei einem pH-Wert  $< 5$  vor.

- **Nährstoffbedarf:** Um angemessene Erträge zu erzielen, müssen die Pflanzen entsprechend ernährt werden. Bei Mangel verschiedener Nährstoffe (z.B. Stickstoff, Phosphor, und Schwefel reagiert die Wasserlinse durch Stärkeanreicherung. Die ist wichtig für die Bildung von Ruhewedeln und insbesondere Turionen (diese „Winterknospen“ kommen bei Spirodela im Gegensatz zu Lemna vor) für die Überbrückung von Stressperioden. Obwohl Wasserlinsen im Allgemeinen Licht und Mineralsalze für die Photosynthese nutzen, können sie sich auch durch organische Stoffe (Zucker, Aminosäuren und Vitamine) ernähren. Das bedeutet theoretisch, dass sie dann im Dunkeln wachsen können.
- **Konkurrenz:** Ein ganz wichtiger Punkt ist die Konkurrenz durch andere Wasserorganismen. Wasserlinsen kommen häufig zusammen mit anderen schwimmenden Wasserpflanzen vor. Dann müssen sie sich gegenüber der Konkurrenz dieser anderen Makrophyten sowie der Algen und Cyanobakterien um Raum, Licht und Nährstoffe behaupten können. Der wichtigste Mechanismus ist dabei die Fähigkeit, schnell zu wachsen. Dadurch ist es möglich, die frei zur Verfügung stehenden Wasseroberfläche schnell abzudecken und konkurrierenden photosynthetischen Wasserorganismen Raum, Licht und Nährstoffe zu entziehen.
- Der **Arbeitsbedarf** ist relativ gering. Allerdings muss darauf geachtet werden, dass die Wasserlinsen nicht durch den Wind an eine Stelle getrieben werden und damit übereinander geraten, weil damit die Produktion deutlich reduziert wird. Die Lösung für dieses Problem ist die Anlage von Windschutzzäunen. In professionellen Anlagen gibt es auch die Möglichkeit, die Oberfläche durchschwimmende Divisoren in kleinere Quadrate aufzuteilen.

Schwimmende Propylengitter dienen der räumlichen Fixierung der Lemnaceen. Beispiel aus der Wasseraufbereitungsanlage Hydro Corporation, Kargow, Polen



## Soziale Innovation: Universität erweitert Nutzungsspektrum der Wasserlinse

Eine der Partnerorganisationen des Wasserlinsenprojektes, die Akademische Außenstelle der Agraruniversität von Pernambuco, die UAST führt an mehreren Orten im Landesinnern Aquakulturprogramme durch, um Wasserumlaufsysteme zu testen. Diese sollen Wasser einsparen und effizienter nutzen, sowie die Ernährungssituation verbessern. Zusammen mit Bauerngewerkschaften und der Agrarreformbehörde arbeitete die UAST daran, innovative Techniken für eine integrierte Fisch- und Wasserpflanzenproduktion zu entwickeln.

So gelang es, in der Agrarreform-Ansiedlung Poço do Serrote Wasserlinsen und Azolla in den Wasserkreislauf einzuführen. Das Wasser wurde damit gereinigt und für die Wiederverwendung in Fischteichen aufbereitet.

Lokal angepasste Innovationen in der Siedlung Poço do Serrote





Landarbeiter aus der Gemeinde Balanço während des Besuchs von Prof. Appenroth mit Projektleiter Magnus Möllgard

## 6.2. Hochwertige Proteine für die Tierproduktion

Das Projektdesign eines integrierten Ansatzes hat sich bewährt. Eine isolierte Lemnaproduktion in einem Pilotprojekt wäre nicht sinnvoll gewesen, weil für das möglicherweise erzielte Endprodukt überhaupt kein Markt dagewesen wäre. Durch die Integration in ein System mit mehreren Produktionsrichtungen trägt die Wasserlinse als Fischfutter **sofort und direkt** zur Verbesserung des Einkommens der Kleinbauern bei. Es machte für die Zielgruppe also von vornherein Sinn, Wasserlinsen zu produzieren und sich im Projekt zu engagieren. Trotz der Wachstumsprobleme, die in der (allerdings überdurchschnittlich) heißen Trockenzeit zu beobachten waren, nahmen die Teilnehmer des Projektes jederzeit aktiv teil am Prozess, diskutierten Probleme, machten eigene Verbesserungsvorschläge. Dieses Engagement kann als der beste Indikator für das gelten, was man im Projektmanagement mit „*Ownership*“ bezeichnet. Das Nutzungssystem ist noch nicht so weit konsolidiert, dass belastbare Aussagen getroffen werden können zu Erträgen und Einkommen, aber im Kapitel 7.3. können vorläufige Zahlen präsentiert werden, die die lokalen Erzeuger und das Projektmanagement sehr motivierten.



Professoren der Universität in Serra Talhada im Gespräch mit Prof. Appenroth, aus Jena

## Superfood oder Tierfutter?

Die Wasserlinse ist als eine alternative Eiweißquelle grundsätzlich auch für die menschliche Ernährung geeignet. In Deutschland wird sie (oft auch „Entengrütze“ genannt) in exklusiven Kreisen als „Superfood“ beworben und ist geeignet für Salate und andere Speisen. Physiologisch und geschmacklich scheint in der Tat nichts gegen den Konsum der Wasserlinse zu sprechen. Aber auch in Indien gibt es - im Gegensatz zu Thailand - kaum Erfahrungen mit der Wasserlinse für den menschlichen Konsum. Es bedarf somit noch eines langen Weges, um die Wasserlinse zumindest als ergänzendes Lebensmittel zu etablieren. Mit einer einfachen Substitution von anderen Eiweißpflanzen ist ohnehin nicht zu rechnen, zumal gerade Leguminosen wie Erbsen, Bohnen, Soja oder Linsen als Stickstoffsammler in der Fruchtfolge weltweit eine hohe Bedeutung für die Bodengesundheit und Bodenfruchtbarkeit haben.

Das Projekt hat aber ohne Zweifel das große Potenzial der **Wasserlinse als hochwertiges Fischfutter** unterstrichen. Sehr wahrscheinlich ist sie auch für andere Nutztiere hervorragend geeignet, wie Hühner. Auf dieser Nutzungsform als Tierfutter dürften auch die Bemühungen der Zukunft konzentriert bleiben.



Prof. Appenroth beim Besuch von Wissensmultiplikator Vavá an seinem Versuchsbecken fürs Pilotprojekt

### **6.3. Baustein für ein neues bäuerliches Geschäftsmodell**

Im Projekt ist es gelungen, pilothaft die Erzeugung der Wasserlinsen nach wissenschaftlichen und ökologischen Kriterien zu testen und zu dokumentieren. Dies funktionierte, und funktionierte sogar als Teil eines diversifizierten Produktionssystems in kleinbäuerlicher Produktionsweise.

Nach einer einfachen Trocknungsprozedur kann die Wasserlinse als hochwertiges eiweißreiches Tierfutter an lokale Fischproduzenten oder andere Tierhalter verkauft werden. Das im Projektverlauf konzipierte Modell der integrierten Produktion mit Fischzucht und Kleinbewässerung wurde bereits bei 18 Bauern implementiert. Die Tilapia Fischbrut wurde am 08.03.2024 in die Teiche gesetzt. Die Fische werden neben den Wasserlinsen, ergänzend aus den Resten der landwirtschaftlichen Produktion, durch Küchenabfälle ernährt. Das Wasser wird dann für eine kleine bewässerte Fläche genutzt.

Nach den ersten Beobachtungen entwickeln die Fische sich durchschnittlich, und es kann ein Gewicht von 500 g/Fisch in 6 Monaten erwartet werden. Bei 300 Fischen pro Teich wären das 150 kg pro Teich (~50 m<sup>2</sup>). Einige Bauern haben in der Anfangsphase noch Fischfutter zugekauft. Es ist jedoch absehbar, dass sie darauf in Kürze weitgehend oder gänzlich verzichten. Damit macht sich der bäuerliche Betrieb unabhängig von

teuren Zukäufen von Fischfutter. Um die Erträge weiter zu steigern, könnten weitere Teiche gebaut werden. Diese Aussicht erfordert (fördert aber auch!) weitere technische, administrative und organisatorische Lernprozesse, in denen auch die jungen Hofnachfolger eine interessante Bleibeperspektive für sich entwickeln können.

#### **6.4. Besser gemeinsam - Partnerschaften mit Forschung und Beratung, lokalen wie bundesstaatlichen Instanzen sowie NGOs**

Vielleicht der wichtigste Lern- und Erkenntnisgewinn des Vorhabens ist, wie stark der Erfolg von funktionierenden und vertrauensvollen Partnerschaften abhängt. Im Kapitel 4 ist ausführlich beschrieben worden, welche Akteure, Persönlichkeiten und Institutionen an dem Projekt aktiv teilgenommen haben. Die Einbettung in ein lokales und bundesstaatliches Netzwerk aus Zivilgesellschaft, Wissenschaft und lokale Verwaltung waren letztlich die entscheidenden Faktoren, die die positiven Wirkungen garantierten.

Der Antrag zur Anschlussforderung an die nationale Entwicklungsbehörde CODEVASF ist gestellt, allerdings wird noch einige Zeit Ungewissheit über eine weitere Zuwendung bestehen. Das Agrarinstitut von Pernambuco, IPA, ist weiterhin engagiert, und die lokale Einheit der Agraruniversität von Pernambuco steht bereit, auch in Zukunft seine akademischen und Laborkapazitäten für die Wasserlinse zur Verfügung zu stellen.

Eine der zunächst nicht-intendierten Wirkungen war beispielsweise die Zusammenarbeit mit der regionalen Universität von Serra Talhada und der Universität von Jena (mit dem bereits erwähnten Professor Klaus Appenroth, einem der weltweit versiertesten Kenner der Wasserlinse). Aufgrund des Vorhabens haben sich zwei Studenten der Universität entschieden, ihre Masterarbeit zur Wasserlinse zu machen. Herr Appenroth hat sich bereit erklärt, die beiden aus der Ferne zu betreuen.

## 6.5. Nachhaltigkeit und agrarpolitische Integration

### **Institutionelle Verankerung und Einbettung in die agrarpolitischen Förderinstrumente auf kommunaler, Landes- und nationaler Ebene**

Die ökologische Nachhaltigkeit der Erzeugung darf als garantiert angesehen werden: Diese kleine eiweißreiche Pflanze hat ein gutes Expansionspotenzial, ohne die Natur zu schädigen. Im Gegenteil: Gewässer mit einer erhöhten Belastung durch Pflanzennährstoffe können mit der Wasserlinse „gesäubert“ werden, da die Wasserlinse in der Lage ist, insbesondere die Makronährstoffe optimal zu verwerten. Dabei gilt, was bei jeder agrarwirtschaftlichen Nutzung gilt: Gute landwirtschaftliche Praktiken müssen angewendet werden.

Es soll daher an dieser Stelle auch die Nachhaltigkeit aus der Projektlogik betrachtet werden. Wie kann sichergestellt werden, dass die Anstöße, die dieses Innovationsprojekt gegeben hat, vor Ort aufrechterhalten, fortgesetzt und verbreitert werden?

Das Vorhaben hat sich dieser Aufgabe von Anfang an gestellt und gezielt lokale Träger, Agrarforschungsinstitute und zivilgesellschaftliche Netzwerke eingebunden.

Es ist sicher noch zu früh, Erfolg zu verkünden, denn die Projektdauer war mit insgesamt neun Monaten sehr kurz. Aber die Grundlage, die hier geschaffen wurde, ist solide und vielversprechend.

Das Wissen muss nun konsolidiert werden, der Produktionsprozess muss komplettiert und wiederholt werden, das Geschäftsmodell getestet, die Fütterung an die Fische überprüft und ggfls. angepasst werden, der Verkauf organisiert. Schließlich müssen die betriebswirtschaftlichen Daten, besonders die Kosten und die Einnahmen aus dem Verkauf, erhoben und der Verkauf der Fische gemonitort werden. Diese Erfahrungen müssen wiederum von den bäuerlichen Betrieben und zwischen ihnen reflektiert, dokumentiert und verarbeitet werden.

Abschließend müssen weitere Anstrengungen zugunsten einer Institutionalisierung und Verankerung des Ansatzes im Rahmen lokaler und auch nationaler Agrar-Umweltmaßnahmen unternommen werden. Die Einbindung in die sogenannten „produktiven Hinterhöfe“ ist bereits erwähnt worden. Weitere Integrationsschritte zur Konsolidierung und Absicherung

des bäuerlichen Geschäftsmodells wäre der Ankauf der Fische durch die Programme des *Public Procurement*, insbesondere der Ankauf für die Schulspeisung (PNAE) und das allgemeinere Ankaufsprogramm (PAA), die eine Art Marktreserve für die bäuerliche Landwirtschaft vorsehen<sup>23</sup>.

In einer zweiten Projektphase müssen all diese Schritte konkretisiert, umgesetzt und konsolidiert werden. Die lokalen Träger wie die COOAFAM (*Cooperativa dos Agricultores Familiares de Mirandiba*) haben bei der CODEVASF, einer nationalen Entwicklungsbehörde einen Antrag gestellt, um diese und weitere Schritte gefördert zu bekommen. Die CODEVASF hat das Projekt in einem ersten Schritt zwar grundsätzlich als förderwürdig eingestuft. Mit einem abschließenden Bescheid ist allerdings nicht vor Jahresende 2024 zu rechnen.

## Schlussfolgerung

Um die positiven Wirkungen und innovativen Impulse des Vorhabens zu verankern, sollte eine weitere Förderung von 12 Monaten vorgesehen werden. Die Ergebnisse und betriebswirtschaftlichen Erfahrungen müssen vertieft, konsolidiert und mit den bestehenden agrarpolitischen Förderinstrumenten verkoppelt werden. Es sollte mittelfristig darauf hingewirkt werden, dass auch die ländliche Agrarberatung die Wasserlinse in ihr Beratungsprogramm aufnimmt, um diesen Ansatz für die bäuerliche Landwirtschaft in die Breite zu tragen.

---

<sup>23</sup> In der Redaktionsphase dieser Publikation erreichte uns die Information, dass es Anfang Mai 2024 es tatsächlich zwei der „Wasserlinsen-Gemeinden“ gelungen ist (Araçá und Jardim), sich für die Belieferung im Rahmen des Ankaufsprogramms PAA zu qualifizieren. Damit erhalten zehn Frauen die Möglichkeit ihre Einkommen zu erhöhen und zu verstetigen: Zweifellos eine direkte und großartige Wirkung des Projektes.

## 7. Schlussbemerkung

Die Erzeugung der Wasserlinse, ihre Verbreitung und ihre Nutzung für die unterschiedlichen Zwecke ist nirgendwo auf der Welt ein Selbstläufer, weder in Indien noch in Brasilien. Unter den Bedingungen der kleinbäuerlichen Produktion im semi-ariden Klima des brasilianischen Nordostens ergeben sich besondere organisatorische und klimatische Herausforderungen. Die Ergebnisse dieses Innovationsvorhabens sind aber sehr ermutigend und die Integration mit den Politik- und Förderinstrumenten auf lokaler, bundesstaatlicher und sogar nationaler Ebene hat bereits begonnen.

Ob die Wasserlinse sich im semi-ariden Nordosten Brasiliens tatsächlich auf einer breiteren Basis zu einer relevanten Ergänzung für proteinreiches Futtermittel etabliert, wird die Erfahrung mit den begonnenen Pilotprojekten und gegebenenfalls mit der Förderung einer weiteren Projektphase zeigen.

Die am Projekt beteiligten Partner, Techniker, Universitätsangehörigen und vor allem die Bäuerinnen und Bauern aus den traditionellen und indigenen Gemeinden sind auf jeden Fall hochmotiviert und bereit, die initiierten Aktivitäten weiterzuführen.



Anbau vom Wasserteichen, Solaranlagen und Wasserpumpen in verschiedenen Gemeinden von Mirandiba. Im Teich wird eine Plastikstruktur mit Netz aufgebaut, damit sowohl Fische als auch Wasserlinse auf derselben Wasserfläche, gezüchtet werden können



# Editorische Hinweise

## **Autorinnen und Autoren**

Gleice Mere, Magnus Möllgard  
Ingo Melchers, Klaus Appenroth  
und K. Sowjanya Sree

## **Graphisches Design**

Contexto Gráfico

## **Cover, Satz und Grafik**

Scriptorium design,  
Kenia de Aguiar Ribeiro

## **Fotografische Bearbeitung**

Gleice Mere und  
Kenia Aguiar Ribeiro

## **Illustrationen**

Victor Gabriel Art: 13, 28, 43

## **Korrektorat**

Constanze John

## **Veröffentlichung**

Agrarpolitischer Dialog  
Brasilien - Deutschland | APD

## **Redaktionelle Koordination**

Gleice Mere, Carlos Alberto dos Santos  
und Alexander Borges Rose

## **Copyright der Fotos**

Klaus Appenroth: 39, 58  
Gleice Mere: Titelbild, 5, 16, 20, 33,  
34,35, 41, 42, 47, 48, 49, 49, 52, 53, 56,  
57, 60, 61, 62  
Magnus Möllgard: 39  
Freepik: 22  
Projektteilnehmer: 15, 46, 67, 68  
BMEL: Thomas Trutschel / Photothek GFFA  
Associação Comunitária do Sítio  
Piau (Ascosp): 59

