

# Eine Paludikultur mit Schilf und Rohrkolben in der Etablierungsphase als Lebensraum für Libellen

Jana Ehling<sup>1</sup>, Felix Zitzmann<sup>2</sup>, Lara Diekmann<sup>3</sup> und Michael Reich<sup>4</sup>

Leibniz Universität Hannover, Institut für Umweltplanung, Arbeitsgruppe Naturschutz  
und Landschaftsökologie, Herrenhäuser Str. 2, D-30419 Hannover

<sup>1</sup>) ehling.jana@gmail.com

<sup>2</sup>) zitzmann@umwelt.uni-hannover.de

<sup>3</sup>) diekmann@umwelt.uni-hannover.de

<sup>4</sup>) reich@umwelt.uni-hannover.de

## Abstract

### **A paludiculture with reed and cattail in the establishment phase as habitat for dragonflies**

– In order to reduce greenhouse gas emissions from drained peatlands, extensive rewetting activities are required. In this context, paludiculture could play a key role, as it combines climate protection and agricultural production. The establishment of these crops creates novel habitats for fauna and flora. The aim of this work was to assess the habitat potential of a recently established paludiculture with reed and cattail for dragonflies (Odonata). For this purpose, surveys were carried out on a paludiculture pilot site and in different reference habitat types in the district of Oldenburg (NW-Germany). The results show that the investigated paludiculture was of great importance for the dragonfly fauna of the study area in the second year after its establishment. In comparison to the comparatively species-poor reference habitats, the highest total species numbers were recorded (including the endangered pioneer species *Ischnura pumilio*), the detected species had comparatively high abundances, and the highest number of species with reproductive behaviour was found. The high attractiveness of the site probably resulted from the combination of shallow water levels, full-area sun exposure, and a high structural diversity, which simultaneously provided suitable conditions for species with different demands. However, these habitat characteristics are limited to the establishment phase of the crops. Further growth of reed and cattail towards dense stands is expected to rapidly reduce the habitat quality for dragonflies. Since paludicultures with reed and cattail are novel land-use systems and our investigation covered only a short period of time, there is a considerable need for research on the further succession of the dragonfly fauna as the cultures age, on the effects of harvesting on different dragonfly species, and on potential measures to promote dragonflies and other species groups in paludicultures.

## Zusammenfassung

Zur Reduktion von Treibhausgasemissionen aus entwässerten Moorböden sind umfangreiche Wiedervernässungsmaßnahmen erforderlich. Hierbei könnte Paludikulturen eine zen-

trale Rolle zukommen, da sie Klimaschutz und landwirtschaftliche Produktion in Einklang bringen. Durch die Etablierung dieser Kulturen entstehen neuartige Lebensräume für Tiere und Pflanzen. Ziel dieser Arbeit war es, abzuschätzen, welches Lebensraumpotenzial eine vor kurzem angelegte Paludikultur mit Schilf und Rohrkolben für Libellen aufweist. Hierzu erfolgten Erfassungen auf einer Paludikultur-Versuchsfläche und in verschiedenen Referenzgewässern im Landkreis Oldenburg (NW-Deutschland). Die Ergebnisse zeigen, dass die Paludikultur im zweiten Jahr nach ihrer Etablierung eine hohe Bedeutung für die Libellenfauna im Untersuchungsraum aufwies. Im Vergleich zu den eher struktur- und artenarmen Referenzgewässern wurden die höchsten Gesamtartenzahlen festgestellt (darunter auch die gefährdete Pionierart *Ischnura pumilio*), die nachgewiesenen Arten wiesen vergleichsweise hohe Abundanzen auf und es wurden die meisten Bodenständigkeitsnachweise erbracht. Die hohe Attraktivität der Fläche dürfte aus der Kombination von niedrigen Wasserständen, flächendeckender Besonnung und einem hohen Strukturreichtum resultieren, wodurch Arten mit unterschiedlichen Ansprüchen zeitgleich geeignete Bedingungen vorfinden. Entsprechende Habitateigenschaften sind jedoch auf die Etablierungsphase der Kulturen beschränkt. Durch den weiteren Aufwuchs hin zu dichten Dominanzbeständen wird sich das Lebensraumpotenzial für Libellen voraussichtlich rasch verschlechtern. Da es sich bei Niedermoor-Paludikulturen mit Schilf und Rohrkolben um neuartige Nutzungssysteme handelt und die hier vorgestellte Untersuchung nur einen kurzen Zeitraum umfasste, besteht erheblicher Forschungsbedarf zur weiteren Sukzession der Libellenfauna im Zuge der Alterung der Kulturen, den Effekten der Ernte auf unterschiedliche Libellenarten und möglichen Maßnahmen zur Förderung von Libellen und anderen Artengruppen in Paludikulturen.

## Einleitung

Zur Reduktion der erheblichen Treibhausgasemissionen aus entwässerten Moorböden sind in den nächsten Jahren aus Klimaschutzgründen umfangreiche Wiedervernässungsmaßnahmen erforderlich (TANNEBERGER et al. 2021; NORDT et al. 2022). Hierbei könnte Paludikulturen eine zentrale Rolle zukommen. Paludikultur umfasst die land- oder forstwirtschaftliche Nutzung nasser und wiedervernässter Moorstandorte und bringt somit Torferhalt und Produktion in Einklang (JOOSTEN et al. 2016; WICHTMANN et al. 2016). In Paludikulturen werden Pflanzen angebaut, die an nasse Bedingungen angepasst sind. Auf Niedermoorböden sind dies u.a. Gewöhnliches Schilf *Phragmites australis* und Rohrkolben *Typha* spp.. Deren Biomasse kann energetisch (Substrat in Biogasanlagen, Pellets, Briketts) oder stofflich (u.a. Dämmmaterial, Reet als Dachdeckmaterial) genutzt werden (ABEL et al. 2013). Die Ernte erfolgt, je nach Nutzungsziel, im Sommer- oder im Winterhalbjahr (WICHTMANN et al. 2016).

Durch die Etablierung von Niedermoor-Paludikulturen nach vorheriger Wiedervernässung entstehen neue Lebensräume für die Tier- und Pflanzenwelt (PFADENHAUER & WILD 2001; GRAF 2014; NÄRMANN et al. 2021). Aktuell sind Paludikulturen mit Schilf oder Rohrkolben jedoch noch auf wenige Versuchsflächen beschränkt, weshalb es bisher kaum Studien zur Funktion dieser neuartigen

Kulturen als Lebensraum für verschiedene Artengruppen gibt (NÄRMANN et al. 2021). Ziel dieser Arbeit ist es daher, abzuschätzen, welches Lebensraumpotenzial eine vor kurzem angelegte Paludikultur mit Schilf und Rohrkolben für Libellen (Odonata) aufweist. Hierzu erfolgen Untersuchungen auf einer Versuchsfläche im Landkreis Oldenburg (Niedersachsen) und in verschiedenen Referenzgewässern in deren Umgebung. Auf Basis der Ergebnisse erfolgt eine Diskussion zur Lebensraumfunktion und -qualität von Paludikulturen mit Schilf und Rohrkolben. Darüber hinaus werden erste Empfehlungen zur Förderung von Libellen in diesen Kulturen vorgeschlagen und weiterer Forschungsbedarf identifiziert.

## Material und Methoden

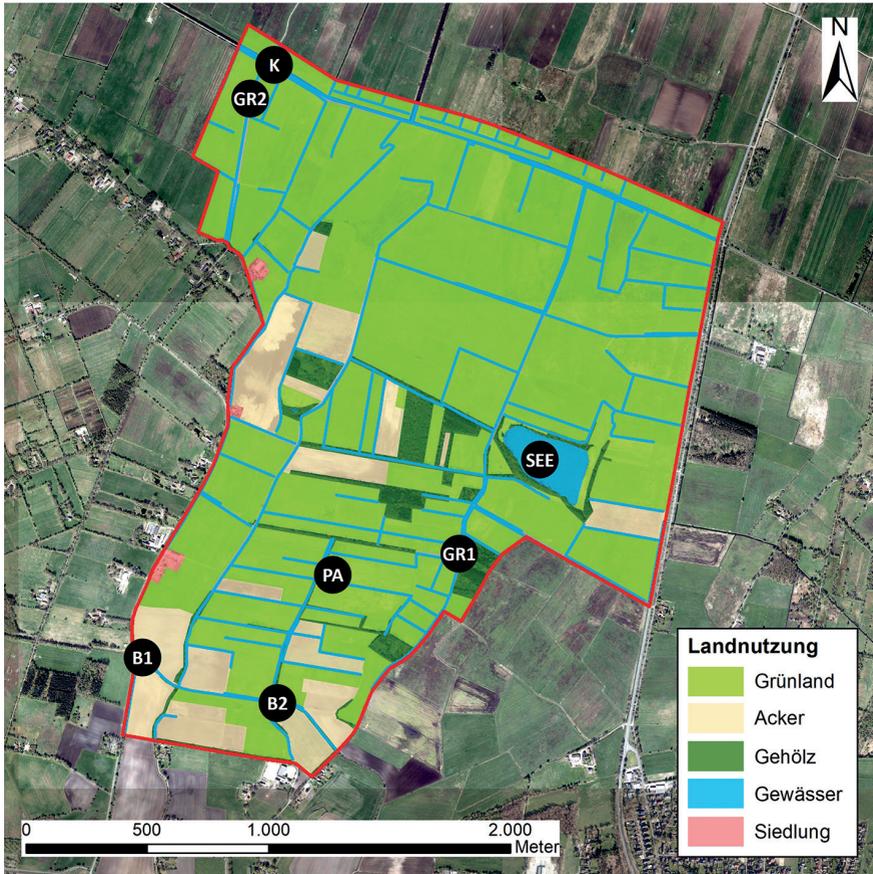
### Untersuchungsraum und Untersuchungsflächen

Die Untersuchungen erfolgten auf einer Paludikultur-Versuchsfläche und in verschiedenen Referenzgewässern in den Gemeinden Ganderkesee und Hude (Landkreis Oldenburg, Niedersachsen). Der Untersuchungsraum (Abb. 1) liegt im Übergangsbereich zwischen Geest und Wesermarsch und ist geprägt von intensiver landwirtschaftlicher Nutzung auf entwässerten Hoch- und Niedermoorböden. Die größten Flächenanteile innerhalb dieses Gebietes entfallen auf Grünland, wobei es sich meist um tief entwässerte, intensiv genutzte Grünländer handelt (Vielschnittwiesen, Beweidung durch Rinder und teilweise durch Pferde).

Im südlichen Teil des Untersuchungsraumes befindet sich die Paludikultur-Versuchsfläche (Abb. 1). Diese wurde zu Beginn des Jahres 2021 angelegt, besitzt eine Gesamtfläche von etwa 0,4 ha und besteht aus einer großen Anbaufläche mit Schilf und Rohrkolben und vier kleinen Versuchsbecken (10×10 m) mit unterschiedlichen Paludikultur-Anbauvarianten (Abb. 2, Tab. 1). Die Fläche ist umgeben von einem Graben, aus dem Wasser zur Bewässerung entnommen wird. Zum Zeitpunkt der Untersuchung (Mai bis September 2022) befand sich die Paludikultur in der zweiten Vegetationsperiode nach der Anlage (Etablierungsphase) und die angepflanzten Schilf- und Rohrkolbenbestände wurden bisher nicht beerntet. Innerhalb der Paludikultur wurden fünf Probeflächen (vier Versuchsbecken, umgebender Ringgraben) untersucht, die das gesamte Spektrum unterschiedlicher Anbauvarianten bzw. Gewässer- und Vegetationsstrukturen innerhalb der Versuchsfläche repräsentieren. Die große Anbaufläche innerhalb der Paludikultur wurde nicht in die Untersuchung einbezogen, da deren Bewässerung aufgrund organisatorischer und technischer Probleme nur unzureichend erfolgte und die Fläche daher nicht die typischen Bedingungen von Paludikulturen repräsentierte. In den vier untersuchten Versuchsbecken war die Bewässerung hingegen gewährleistet, weshalb diese – vor allem im Jahr 2022 – die Bedingungen künftiger Paludikulturen mit Schilf und Rohrkolben wesentlich besser abbildeten (Abb. 3). In den Versuchsbecken lag im Untersuchungszeitraum meist ein flacher Überstau von wenigen Zentimetern (max. 20 cm) vor; lediglich im Juni (alle Versuchsbecken) und Ende August/Anfang September (Becken 1 und 2) sank der Wasser-

stand kurzzeitig unter die Geländeoberfläche ab (Abb. 3); partiell waren jedoch auch in dieser Zeit kleinere Wasserflächen vorhanden. Eine Beschreibung der Habitatstruktur der vier Versuchsbecken inkl. der Veränderung bestimmter Strukturparameter zwischen den Jahren 2021 und 2022 findet sich in Anhang 1.

Neben der Paludikultur wurden weitere Gewässer innerhalb des Untersuchungsraumes in die Untersuchung einbezogen (Abb. 1).



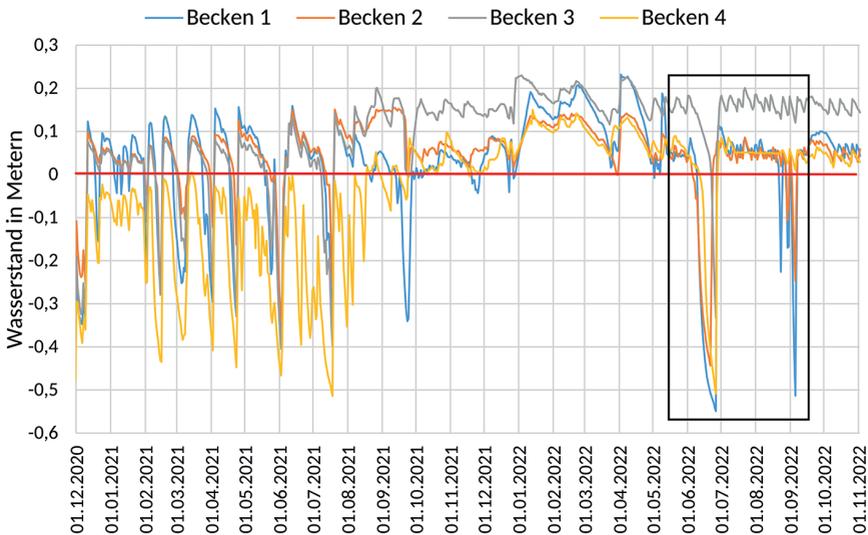
**Abbildung 1:** Lage der untersuchten Gewässertypen (schwarze Punkte) und Übersicht über die Landnutzung im Untersuchungsraum (rot umrandet). **PA** Paludikultur (5 Probe­flächen [PF]), **SEE** See/Stillgewässer (4 PF), **GR1** und **GR2** Gräben (2 PF), **K** Kanal (1 PF), **B1** und **B2** Bach (2 PF). – **Figure 1.** Location of the surveyed habitat types (black dots) and overview of the land use in the study area (bordered in red). **PA** paludiculture (5 sample plots (SP)), **SEE** lake (4 SP), **GR1** and **GR2** ditches (2 SP), **K** canal (1 SP), **B1** and **B2** brook (2 SP). **Hintergrundkarte / Background map** DOP 20, Niedersächsischer Landesbetrieb für Landesvermessung und Geobasisinformation.



**Abbildung 2:** Blick auf zwei der insgesamt vier untersuchten, jeweils  $10 \times 10$  m großen Paludikultur-Versuchsbecken. Im oberen Becken wird Gewöhnliches Schilf *Phragmites australis* (Probefläche 1) und im unteren Becken Breitblättriger Rohrkolben *Typha latifolia* (Probefläche 2) angebaut, 06.09.2021. – **Figure 2.** View of two of the four investigated experimental paludiculture ponds, each  $10 \times 10$  m in size. Common reed *Phragmites australis* is grown in the upper pond (sample plot 1) and broadleaf cattail *Typha latifolia* in the bottom pond (sample plot 2), 06-ix-2021. Photos: FZ

Die Auswahl der Referenzgewässer hatte zum Ziel, die wichtigsten Libellenhabitate im Umfeld der Paludikultur zu erfassen und das vorhandene Gewässerspektrum und deren unterschiedliche Ufer- und Vegetationsstrukturen repräsentativ abzubilden. Dabei wurden folgende Gewässertypen ausgewählt:

- Stillgewässer „Hohenböckener See“: Der etwa 6 ha große See wird als Angelgewässer und Badesee genutzt. Am See wurden vier Probeflächen untersucht, die Gewässer- und Uferbereiche mit unterschiedlichen Eigenschaften repräsentieren.
- Gräben: Entwässerungsgräben sind ein prägendes Element des Landschaftsraumes. Es wurden zwei Gräben (mit je einer Probefläche) in die Untersuchung einbezogen.
- Kanal: Neben Entwässerungsgräben wurde der „Stedinger Kanal“ als weitere anthropogene und landschaftsprägende Gewässerstruktur der Marschen in die Untersuchung einbezogen. Da der Kanal und dessen Uferbereich im Untersuchungsraum relativ monoton ist, wurde an diesem Gewässertyp eine Probefläche untersucht.
- Bach: Als weiteres Vergleichsgewässer diente die „Ellernbäke“. Der kleine, langsam fließende Bach weist im Untersuchungsraum Abschnitte mit unterschiedlichen Eigenschaften auf, die durch zwei Probeflächen repräsentiert sind.



**Abbildung 3:** Wasserstände in den vier untersuchten Paludikultur-Versuchsbecken im Zeitraum Dezember 2020 (Etablierung der Versuchsfläche) bis Oktober 2022. Die rote Linie kennzeichnet die Geländeoberfläche, die Wasserstände im Zeitraum der Libellen-Untersuchung sind schwarz umrandet. – **Figure 3.** Water levels in the four paludiculture ponds during the period December 2020 (establishment of the pilot site) to October 2022. The red line indicates the soil surface. Water levels during dragonfly surveys are outlined in black.

Alle Referenzgewässer befinden sich im Umfeld der Paludikultur in einer Entfernung von 500 m bis max. 2 km (Abb. 1) und führten im Untersuchungszeitraum dauerhaft Wasser (Tab. 1). Kleinere Stillgewässer wie Teiche oder Tümpel waren im Untersuchungsraum nicht vorhanden bzw. der einzig vorhandene Teich war nicht öffentlich zugänglich und konnte daher nicht in die Untersuchung einbezogen werden.

Die Untersuchungen zur Libellenfauna der verschiedenen Gewässertypen erfolgte auf definierten Probeflächen (Tab. 1). Ziel bei der Festlegung dieser Probeflächen war die Erfassung verschiedener Gewässer-, Vegetations- und Uferstrukturen innerhalb der untersuchten Gewässertypen.

### **Erfassungsmethoden, Datenaufbereitung und -analyse**

Die Erfassung der Libellenfauna erfolgte im Jahr 2022 an insgesamt neun Terminen zwischen Mitte Mai und Mitte September in der Hauptflugzeit der Libellen (vgl. CHOVANEC 1999). Die Erfassungstermine wurden an sonnigen, möglichst windstillen Tagen im Zeitraum zwischen 10:00 und 17:00 Uhr durchgeführt; der Abstand zwischen den Terminen betrug etwa zwei Wochen. Die einzelnen Probeflächen wurden an jedem Termin jeweils zwischen 15 und 60 Minuten begangen. Aufgrund der unterschiedlichen Flächengröße wurde für größere Probeflächen dabei mehr Zeit aufgewendet als für kleinere. Um artspezifisch unterschiedliche Aktivitätszeiten zu berücksichtigen, wurden die verschiedenen Gewässertypen und Probeflächen bei jedem Termin in unterschiedlicher Reihenfolge begangen.

Bei den Erfassungen wurden die Imagines der vorkommenden Libellenarten bestimmt und gezählt. Anschließend wurden die artspezifisch ermittelten Werte in Abundanzklassen eingeordnet (Tab. 2). Die Beobachtungen erfolgten mithilfe eines Fernglases (10×34). In Zweifelsfällen wurden Imagines mithilfe eines Keschers (weißes Netz, 50 cm Durchmesser) gefangen und mithilfe der Bestimmungsschlüssel von GLITZ (2012) und BELLMANN (2013) bestimmt.

Zusätzlich wurden Hinweise auf eine Bodenständigkeit der Arten erfasst. Dazu gehört die Beobachtung von Fortpflanzungsverhalten wie Paarung und Eiablagen sowie Emergenzen. Zudem wurden Exuvien der Anisoptera (Großlibellen) gesammelt und im Labor bestimmt. Auf der Paludikultur erfolgte die Sammlung durch Umrunden der Versuchsbecken und Begehen der Stege (vgl. Abb. 2). An den anderen Gewässern erfolgte die Suche entlang der Uferlinie. Für die Bestimmung der Exuvien wurden die Werke von BROCHARD et al. (2012) und BELLMANN (2013) verwendet.

Zur Auswertung der Bodenständigkeit wurden die Arten anhand der Exuvienfunde und der beobachteten Verhaltensweisen einem Status in Anlehnung an LEHMANN (1990), zitiert in CHOVANEC (1999), zugeordnet:

- **Sicher bodenständig:** Nachweis von Exuvien (nur Anisoptera) und/oder Beobachtung von Emergenz

- **Wahrscheinlich bodenständig:** Beobachtung von Fortpflanzungsverhalten (Kopula, Tandem, Eiablage) und/oder juvenilen Imagines
- **Möglicherweise bodenständig:** Imagines in mittlerer bis großer Anzahl (III–V bei Zygoptera ohne Calopterygidae, II–V bei Calopterygidae und Anisoptera)
- **Kaum bzw. nicht bodenständig:** Imagines in geringer Anzahl (I–II bei Zygoptera ohne Calopterygidae, I bei Calopterygidae und Anisoptera).

**Tabelle 1:** Eigenschaften der Probeflächen (PF) innerhalb der unterschiedlichen Gewässertypen (Gew.Type). – **Table 1.** Characteristics of the sample plots (PF) within the different habitat types (Gew.Type) with size in length × width. **PA** Paludikultur / paludiculture, **SEE** See / lake, **GR** Gräben / ditches, **K** Kanal / canal, **B** Bach / brook.

Gew.Type	PF Nr.	Beschreibung der PF	Größe der PF
PA	1	Alle Paludikultur-Versuchsbecken: Wassertiefe: < 20 cm,	Jeweils 10×10 m
	2	stellen- bzw. zeitweise trockenfallend (Abb. 3);	
	3	Begleitvegetation dominiert von Flatter-Binse <i>Juncus effusus</i> ; flächendeckend besonnt	
	4	Becken mit Gew. Schilf <i>P. australis</i> (mit Oberbodenabtrag vor der Anpflanzung)	
	5	Becken mit Breitblättrigem Rohrkolben <i>T. latifolia</i> (mit Oberbodenabtrag)	
SEE	1	Graben zur Be- und Entwässerung der Paludikultur; steile Uferböschung, Sohlbreite ca. 1 m, Wassertiefe: ca. 50 cm flächendeckend besonnt; Böschung mit diversen Süßgräsern bewachsen, am Ufer v.a. Flatter-Binse <i>J. effusus</i> , auf dem Wasser partiell Kl. Wasserlinse <i>Lemna minor</i>	3×2 m
	1	flacher, sandiger Uferbereich, dominiert von Schilf <i>P. australis</i> und Weidengebüsch; Wassertiefe: < 50 cm; flächendeckend besonnt	30×10 m
	2	flacher, sandiger Uferbereich, dominiert von Schilf <i>P. australis</i> Wassertiefe: < 50 cm; überwiegend besonnt (Teilfläche durch Bäume beschattet)	30×10 m

Gew.Typ	PF Nr.	Beschreibung der PF	Größe der PF
SEE	3	steile Uferböschung, Ufer dominiert von niedrigen Gehölzen (Weiden-Arten <i>Salix</i> spp., Moor-Birke <i>Betula pubescens</i> , Schwarz-Erle <i>Alnus glutinosa</i> ); landseitig weitere Bäume und Sträucher; Ufer stark abfallend, Wassertiefe bereichsweise > 150 cm; deutlich stärker beschattet als SEE_PF1 und SEE_PF2	30×5 m
	4	steile Uferböschung mit vereinzelt Gehölzen (Weiden-Arten <i>Salix</i> spp., Moor-Birke <i>B. pubescens</i> ) und dichter Krautschicht, dominiert von Gew. Wasserdost <i>Eupatorium cannabinum</i> ; landseitig weitere Bäume und Sträucher; Ufer stark abfallend, Wassertiefe bereichsweise > 150 cm; noch etwas stärker beschattet als SEE_PF3	30×5 m
GR	1	steile Uferböschung, Sohlbreite ca. 80 cm, Wassertiefe: < 50 cm; im Laufe des Sommers starker Bewuchs der Böschung, v. a. mit Brennnessel <i>Urtica dioica</i> , Brombeer-Arten <i>Rubus</i> spp. und div. Gräsern; flächendeckend besont	20×8 m
	2	flache Uferböschung, Sohlbreite ca. 4 m, Wassertiefe: < 50 cm; im Graben Bestände des Gew. Pfeilkraut <i>Sagittaria sagittifolia</i> ; Böschungsbereiche mit div. Süßgräsern, Binsen-Arten <i>Juncus</i> spp. und Seggen-Arten <i>Carex</i> spp. sowie u. a. Brennnessel <i>U. dioica</i> und Blut-Weiderich <i>Lythrum salicaria</i> bewachsen	30×10 m
K	1	flache Uferböschung, Sohlbreite ca. 10 m; Böschung und schmaler Ufersaum stellenweise dicht bewachsen mit Binsen-Arten <i>Juncus</i> spp., Schilf <i>P. australis</i> , Seggen-Arten <i>Carex</i> spp., div. Süßgräsern sowie krautigen Pflanzen; im Gewässer bereichsweise emerse und submerse Vegetation: v.a. Gew. Pfeilkraut <i>S. sagittifolia</i> , Gelbe Teichrose <i>Nuphar lutea</i> , Laichkräuter <i>Potamogeton</i> spp.; Wassertiefe bereichsweise > 150 cm; flächendeckend besont	30×20 m
B	1	flache Uferböschung, Sohlbreite ca. 6 m, Wassertiefe < 50 cm; Böschung mit nitrophilen Hochstauden sowie Brombeer-Arten <i>Rubus</i> spp., einseitig Gehölze (Schwarz-Erle <i>A. glutinosa</i> , Weiden-Arten <i>Salix</i> spp.), am Ufer v. a. Flatter-Binse <i>J. effusus</i> , Sumpf-Vergissmeinnicht <i>Myosotis scorpioides</i> , im Gewässer partiell Kl. Wasserlinse <i>L. minor</i> ; Bachabschnitt durch Ufergehölze teilweise beschattet	30×10 m
	2	steile Uferböschung, Sohlbreite ca. 3 m, Wassertiefe < 50 cm; Bach in diesem Bereich mit Grabencharakter, langsam fließend; Böschung mit Gräsern, Farnen und Brennnessel <i>U. dioica</i> ; Vegetation am und im Wasser wie B_PF1; flächendeckend besont	30×10 m

**Tabelle 2:** Zuordnung der maximal pro Erfassungstermin beobachteten Imagines bzw. Summe gesammelter Großlibellen-Exuvien (wenn größer als der artspezifische Maximalwert gezählter Imagines) zu Abundanzklassen nach CHOVANEC & RAAB (1997). – **Table 2.** Assignment of the maximum number of imagines observed per survey date resp. the sum of collected Anisoptera exuviae (if greater than the species-specific maximum number of imagines counted) to abundance classes according to CHOVANEC & RAAB (1997).

Klasse	Anzahl	Beschreibung
I	1	Einzelfund
II	2–5	selten
III	6–30	häufig
IV	31–100	sehr häufig
V	> 100	massenhaft

## Ergebnisse

Insgesamt wurden 20 Libellenarten nachgewiesen, davon jeweils zehn Zygoptera und zehn Anisoptera (Tab. 3). Die Paludikultur-Versuchsfläche war mit insgesamt 16 Arten am artenreichsten. See und Kanal wiesen jeweils neun Spezies auf, im Bach wurden sieben und in den beiden untersuchten Gräben insgesamt vier Spezies erfasst. Die Artenzahlen pro Probefläche (PF) lagen zwischen zwei (Gräben, See-PF4) und neun (Paludikultur-PF3 und PF4, Kanal).

Im Untersuchungsraum am weitesten verbreitet war *Ischnura elegans*, welche als einzige Art in allen untersuchten Gewässertypen auftrat und auf insgesamt elf von 14 PF nachgewiesen wurde. Alle weiteren Arten fehlten in mindestens einem Gewässertyp. *Enallagma cyathigerum*, *Libellula depressa* und *Anax imperator* waren ebenfalls vergleichsweise weit verbreitet und wurden in vier von fünf Gewässertypen auf insgesamt 5–8 PF nachgewiesen. Sieben der insgesamt 20 Arten wurden ausschließlich auf der Paludikultur nachgewiesen. Dazu zählen alle Arten der Gattung *Sympetrum* (*S. vulgatum*, *S. striolatum*, *S. danae*, *S. sanguineum*; je 2–5 PF) sowie *Aeshna mixta*, *Chalcolestes viridis* und *Ischnura pumilio*, die jeweils nur auf einer PF nachgewiesen wurden (Tab. 3). *Sympecma fusca* wurde nur am See (1 PF) und *Erythromma najas* ausschließlich am Kanal erfasst. Alle weiteren Arten wurden in mindestens zwei Gewässertypen nachgewiesen.

Mit Ausnahme von *I. pumilio* (in Niedersachsen gefährdet, in Deutschland auf der Vorwarnliste) und *S. danae* (Vorwarnliste in Niedersachsen), die beide ausschließlich auf der Paludikultur nachgewiesen wurden, sind alle erfassten Arten sowohl in Niedersachsen (BAUMANN et al. 2021b) als auch in Deutschland (OTT et al. 2015) ungefährdet.

Hinsichtlich der Abundanzen der nachgewiesenen Arten erreichten auf der Paludikultur neun Arten die Abundanzklasse „häufig“ (Tagesmaxima 6–30 Imagines) (Tab. 4). In Bach (4 Arten), See und Kanal (je 2 Arten) konnten hingegen

**Tabelle 3:** Liste der nachgewiesenen Arten und Anzahl der erfassten Arten pro Gewässertyp und Probefläche. Die Arten sind, getrennt nach Zygoptera und Anisoptera, sortiert nach der Anzahl der Probeflächen (PF) mit Vorkommen der jeweiligen Art. – **Table 3.** List of detected species and number of recorded species per habitat type and sample plot. Species are sorted, separately for Zygoptera and Anisoptera, by the number of sample plots (PF) with occurrence. **PA** Paludikultur / paludiculture, **SEE** See / lake, **GR** Gräben / ditches, **K** Kanal / canal, **B** Bach / brook.

Gewässertyp Probefläche Nr.		PA					SEE				GR		K	B		PF mit Nachweis
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	1	1	2	
Zygoptera	<i>Ischnura elegans</i>		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	11
	<i>Enallagma cyathigerum</i>	X		X	X	X		X					X	X	X	8
	<i>Coenagrion puella</i>			X	X	X							X		X	5
	<i>Platycnemis pennipes</i>						X			X			X	X	X	5
	<i>Pyrrhosoma nymphula</i>				X	X		X						X	X	5
	<i>Calopteryx virgo</i>											X	X			2
	<i>Chalcolestes viridis</i>				X											1
	<i>Erythromma najas</i>												X			1
	<i>Ischnura pumilio</i>	X														1
	<i>Sympetma fusca</i>									X						1
Anisoptera	<i>Libellula depressa</i>		X			X	X	X		X	X		X	X		7
	<i>Anax imperator</i>					X	X	X		X		X				5
	<i>Gomphus pulchellus</i>				X		X	X	X			X				5
	<i>Libellula quadrimaculata</i>	X	X	X		X							X			5
	<i>Orthetrum cancellatum</i>	X					X	X	X			X				5
	<i>Sympetrum vulgatum</i>	X	X	X	X	X										5
	<i>Sympetrum striolatum</i>	X	X	X	X											4
	<i>Sympetrum danae</i>	X		X	X											3
	<i>Sympetrum sanguineum</i>	X			X											2
	<i>Aeshna mixta</i>				X											1
Arten pro Probefläche		8	5	9	9	8	6	7	4	2	2	2	9	5	6	
Arten pro Gewässertyp			16					9				4	9	7		
Arten gesamt																20

deutlich weniger Arten mit hohen Abundanzen (Abundanzklasse „häufig“ oder größer) nachgewiesen werden. In den Gräben wurden die wenigen nachgewiesenen Arten lediglich als Einzelfunde oder „selten“ (Tagesmaxima 2–5 Imagines) erfasst. Besonders abundant waren bei den Kleinlibellen *I. elegans* (im See sogar „sehr häufig“), *C. puella*, *E. cyathigerum* und *Pyrrhosoma nymphula*, bei den Großlibellen wurde *L. depressa* am häufigsten erfasst.

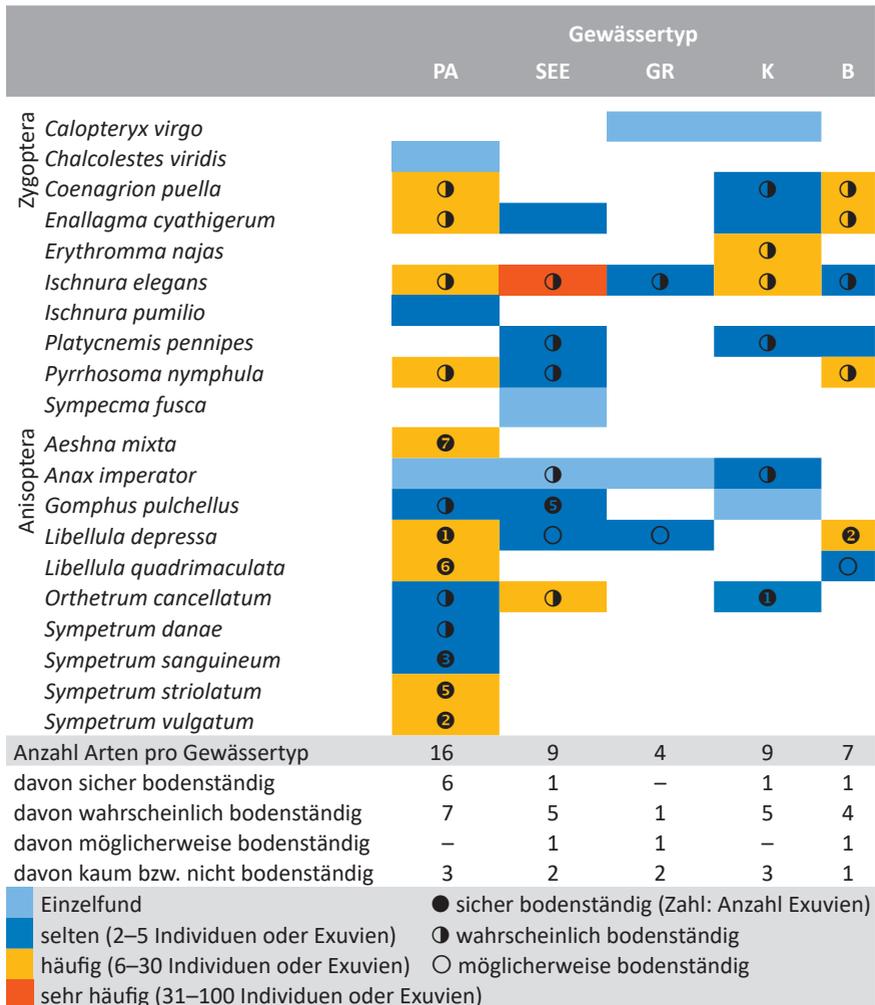
Die meisten Bodenständigkeitsnachweise konnten ebenfalls auf der Paludikultur erbracht werden. Hier waren sechs Arten „sicher bodenständig“ und sieben Arten „wahrscheinlich bodenständig“ (Tab. 4). In See, Kanal und Bach konnte nur für jeweils eine Art die Bodenständigkeit sicher nachgewiesen werden, in den Gräben gelang für keine Art ein sicherer Bodenständigkeitsnachweis. Wahrscheinlich bodenständig waren in den anderen Gewässertypen zwischen einer (Gräben) und vier (Bach) bzw. fünf (See, Kanal) Arten. Sichere Bodenständigkeitsnachweise gelangen ausschließlich für Großlibellen. Für Kleinlibellen gelang hingegen kein sicherer Nachweis, da keine Beobachtungen von Emergenzen erfolgten und für diese Gruppe, anders als für die Großlibellen, keine Suche nach Exuvien durchgeführt wurde.

## Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die untersuchte Paludikultur im zweiten Jahr nach ihrer Etablierung eine hohe Bedeutung für die Libellenfauna im Untersuchungsraum aufwies. Im Vergleich zu den Referenzgewässern wurden auf der Versuchsfläche die höchsten Gesamtartenzahlen festgestellt, zudem wiesen die nachgewiesenen Arten vergleichsweise hohe Abundanzen auf und in der Paludikultur wurden die meisten Bodenständigkeitsnachweise erbracht. Dabei dürfte vor allem die Kombination folgender Faktoren zur hohen Habitatqualität und Attraktivität der Fläche für Libellen beigetragen haben:

- (1) Durch den flachen Überstau und die flächendeckende Besonnung bestand der Charakter eines flachen Stillgewässers in einem frühen Sukzessionsstadium, das sich schnell erwärmt und nicht durch Gehölze oder eine dichte Verlandungsvegetation beschattet wird (vgl. auch Abb. 2, 4). Solche Gewässer sind für zahlreiche Libellenarten, darunter auch gefährdete Pionierarten wie *I. pumilio*, von hoher Bedeutung (HOLTMANN et al. 2018, 2019; LOHR 2021; CHOVANEC 2022a).
- (2) Da sich die untersuchte Versuchsfläche in der Etablierungsphase befand, waren noch keine dichten Schilf- und Rohkolbenbestände ausgebildet, sondern es bestand ein strukturreiches Mosaik aus offenen Wasserflächen, den in hohen Dichten angepflanzten, aber bisher nicht dominanten Röhrichtarten sowie weiteren Sumpfpflanzen, vor allem der Flatter-Binse *Juncus effusus* (vgl. Tab. 1 und Anhang 1). Gerade im Vergleich zu den überwiegend strukturarmeren Referenzgewässern stellte die Paludikultur somit einen attraktiven Lebensraum für Libellen dar.
- (3) Da Paludikulturen flache Wasserstände aufweisen und temporär trockenfallen, bleiben sie frei von Fischen. Dies ist für viele Libellenarten eine besondere Qualität, da Fische Prädatoren für Eier und Larven zahlreicher Arten darstellen und ein (hoher) Fischbesatz daher das Besiedlungspotenzial von Gewässern und den Reproduktionserfolg für viele Arten einschränken kann (WILDERMUTH 2011; ŠIGUTOVÁ et al. 2022).

**Tabelle 4:** Abundanz und Bodenständigkeit der nachgewiesenen Arten in den untersuchten Gewässertypen. Die Abundanzklassen beziehen sich auf das artspezifische Tagesmaximum (= höchster artspezifischer Tageswert von n = 9 Erfassungsterminen, der auf mindestens einer Probefläche des jeweiligen Gewässertyps festgestellt wurde) bzw. auf die Summe gesammelter Großlibellen-Exuvien (wenn deren Anzahl größer als das artspezifische Tagesmaximum war). – **Table 4.** Abundance and reproductive classes of the detected species within the investigated habitat types. The abundance classes refer to the species-specific daily maximum (i.e., highest species-specific daily value of a total of n = 9 survey dates, which was recorded on at least one sample plot of the respective habitat type) or to the sum of collected Anisoptera exuviae (if their number was higher than the species-specific daily maximum). **PA** Paludikultur / paludiculture, **SEE** See / lake, **GR** Gräben / ditches, **K** Kanal / canal, **B** Bach / brook.



Die vergleichsweise hohen Artenzahlen dürften vermutlich dadurch bedingt sein, dass sich die Fläche im zweiten Jahr nach ihrer Etablierung noch in einem dynamischen Übergangsstadium befand und durch den hohen Strukturreichtum die Ansprüche von Arten mit unterschiedlichen Habitatpräferenzen innerhalb der Fläche erfüllt waren. So kamen mit *L. depressa* und *I. pumilio* noch typische Erstbesiedler neu entstandener, vegetationsarmer Gewässer vor (vgl. BRUENS & QUANTE 2021; LOHR 2021), gleichzeitig fanden sich mit *S. vulgatum* oder *A. mixta* bereits Arten ein, die Gewässer mit gut entwickelter Verlandungsvegetation bevorzugen (vgl. BENKEN 2021; BUCHWALD et al. 2021). Der hohe Strukturreichtum



**Abbildung 4:** Typischer Zustand einer Niedermoor-Paludikultur (hier mit Schmalblättrigem Rohrkolben *Typha angustifolia*) in der Etablierungsphase. Das Bild zeigt eine Versuchsfläche im niedersächsischen Bad Bederkesa (Landkreis Cuxhaven), die im Frühjahr 2022 angelegt wurde. Aufgrund umfassender Bewässerungsmaßnahmen bestand auf dieser Fläche, anders als auf der im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Versuchsfläche in der Gemeinde Ganderkesee, flächendeckend und dauerhaft ein Überstau von bis zu 20 cm. 12.07.2022. – **Figure 4.** Typical condition of a fen paludiculture (here with narrow-leaved cattail *Typha angustifolia*) during the establishment phase. The picture shows an experimental site in Bad Bederkesa (Cuxhaven district, Lower Saxony), which was established in spring 2022. Due to comprehensive irrigation measures, this site, unlike the experimental site in the municipality of Ganderkesee investigated in this work, was permanently waterlogged up to 20 cm over the entire area. 12-xii-2022. Photo: FZ

und das Vorhandensein offener, besonnener Wasserflächen sind jedoch Eigenschaften, die hauptsächlich auf die Etablierungsphase einer Paludikultur beschränkt sind. Durch die Anpflanzung von Schilf- und Rohrkolben in hohen Dichten entwickeln sich in kurzer Zeit Dominanzbestände (vgl. WILD et al. 2001; HEINZ 2012; GEURTS & FRITZ 2018) und die in der Etablierungsphase wertgebenden Habitategenschaften verändern sich somit schnell (vgl. hierzu auch Anhang 1). Die einzige uns bekannte Untersuchung zur Libellenfauna auf Niedermoor-Paludikulturen von GRAF (2014) bestätigt dies: Auf einer Rohrkolbenanbaufläche in der Schweiz profitierten Libellen besonders in den ersten Jahren nach deren Anlage, die Bedeutung ging aber im Zuge der weiteren Sukzession, also dem Zuwachsen der Fläche mit Rohrkolben und der Abnahme offener, besonnener Wasserflächen, deutlich zurück. Vor allem Pionierarten wie *I. pumilio* oder *L. depressa* dürften infolge der weiteren Sukzession daher schnell verdrängt werden (vgl. CHOVANEC 2022a). Ebenso dürften Arten, die offene, besonnte Wasserflächen und nur lockere Pflanzenbestände präferieren (z.B. *E. cyathigerum*, *S. striolatum* und *O. cancellatum*), mit der Zeit abwandern (vgl. CHOVANEC 2022b). Ubiquisten und Arten vegetationsreicherer Gewässer (u.a. *I. elegans*, *C. puella*, *L. quadrimaculata*, *S. vulgatum*) können sich zwar mit Sicherheit länger oder sogar dauerhaft auf solchen Flächen halten, die Habitatqualität dürfte durch das Zuwachsen der Flächen jedoch auch für diese Arten abnehmen. Eine Besonderheit von Paludikulturen mit Schilf und Rohrkolben ist jedoch die regelmäßige, im Sommer- oder Winterhalbjahr stattfindende Ernte (WICHTMANN et al. 2016), durch die möglicherweise wieder günstigere Bedingungen für anspruchsvollere Libellenarten geschaffen werden. Bisher gibt es jedoch keine Untersuchungen zum Einfluss der Ernte dieser neuartigen Kulturen auf die Libellenfauna. Diesbezüglich besteht daher erheblicher Forschungsbedarf.

Neben der Sukzession und den regelmäßigen Ernten haben die Wasserstände in den Kulturen entscheidenden Einfluss auf deren Lebensraumpotenzial für Libellen. Typisch für Paludikulturen mit Schilf und Rohrkolben sind flurnahe Wasserstände, die meist um wenige Zentimeter oder Dezimeter um die Geländeoberfläche schwanken (vgl. GEURTS & FRITZ 2018; NÄRMANN et al. 2021). Beim Anbau von Rohrkolben werden in der Regel etwas höhere Wasserstände (meist leichter Überstau; Abb. 4) eingestellt, während Schilf nach erfolgreicher Etablierung auch dauerhaft Wasserstände leicht unter der Geländeoberfläche toleriert (ebd.). In der untersuchten Paludikultur schwankten die Wasserstände im ersten Jahr nach der Etablierung (2021) sehr stark und die vier Versuchsbecken fielen regelmäßig trocken (Abb. 3). Im Jahr der Untersuchung (2022) trockneten die Becken hingegen nur im Sommer kurzzeitig aus, ansonsten bestand ein flacher Überstau. Die Exuvienfunde und die Beobachtung von Emergenzen im Jahr 2022 zeigen, dass die Fläche im ersten Jahr nach ihrer Etablierung (2021) trotz starker Wasserstandsschwankungen und regelmäßigen Trockenfallens von einigen Arten (*A. mixta*, *L. depressa*, *L. quadrimaculata*, *S. vulgatum*, *S. sanguineum*, *S. striolatum*) für eine erfolgreiche Reproduktion genutzt wurde. Diese Arten sind in der Lage, kurzzeitige Trockenheit im Ei- oder Larvalstadium zu überstehen (u.a. STERNBERG

& BUCHWALD 1999: 99; BRAUNER 2015; MEY & SCHLÜPMAN 2015). Für sie war das zeitweise Trockenfallen der Versuchsbecken daher unproblematisch. Eier und Larven anderer Arten (u.a. *Ischnura elegans*) reagieren hingegen empfindlich auf das Austrocknen ihrer Gewässer (STERNBERG & BUCHWALD 1999: 340). Für diese Arten ist es daher essenziell, dass – zumindest partiell – auch dauerhaft wasserführende Bereiche innerhalb der Kulturen vorhanden sind (vgl. auch MÜNZER 2001; HOLTMANN et al. 2019), damit eine erfolgreiche Reproduktion möglich ist.

Eine Besonderheit hinsichtlich der Reproduktion der in der Paludikultur erfassten Arten ist der Bodenständigkeitsnachweis von *L. quadrimaculata*, belegt durch den Fund von sechs Exuvien innerhalb der Versuchsbecken 1–3 (Tab. 3, 4). Dies ist deshalb bemerkenswert, weil die Larvalentwicklung der Art normalerweise zwei, in kühleren Gewässern sogar drei Jahre dauert (STERNBERG & BUCHWALD 2000: 465; SCHLÜPMAN & MARTENS 2015) und ein einjähriger Entwicklungszyklus eher die Ausnahme darstellt (MARTENS 1986; MAIER & WILDERMUTH 1991). Die Versuchsbecken wurden von *L. quadrimaculata* somit bereits in der ersten Vegetationsperiode nach der Etablierung der Paludikultur (2021) zur Eiablage genutzt und die Larvalentwicklung war dann bereits nach einem Jahr abgeschlossen. Dieser kurze Entwicklungszyklus deutet – trotz starker Wasserstandsschwankungen – auf günstige Bedingungen für die Larvalentwicklung der Art in den Versuchsbecken hin (vgl. STERNBERG & BUCHWALD 2000: 465).

Abschließend ist zu betonen, dass die hohe Bedeutung der betrachteten Paludikultur-Versuchsfläche auch gleichzeitig ein Hinweis auf die schlechte Ausstattung des Untersuchungsraumes mit bedeutsamen Libellengewässern bzw. die eher geringe Habitatqualität der vorhandenen (Referenz-)Gewässer ist. Daher wurden im Untersuchungsraum – mit Ausnahme von *I. pumilio* und *S. danae*, die nur innerhalb der Paludikultur erfasst wurden – ausschließlich häufige, weit verbreitete, ungefährdete und eher anspruchslose Arten (vgl. OTT et al. 2015; BAUMANN et al. 2021a, b) nachgewiesen. Der Landschaftsraum repräsentiert jedoch eine typische, intensiv genutzte Agrarlandschaft in Nordwestdeutschland. Die Ergebnisse zeigen somit, dass Paludikulturen – zumindest in der Etablierungsphase – in einem solchen Landschaftskontext Lebensräume, Strukturen und Ressourcen bereitstellen, an denen es dort ansonsten mangelt (vgl. ŠIGUTOVÁ et al. 2022 für Regenrückhaltebecken in intensiv genutzten Agrarlandschaften).

## Erste Empfehlungen und weiterer Forschungsbedarf

Auf Basis der erzielten Ergebnisse und der in der Diskussion behandelten Aspekte lassen sich erste Empfehlungen zur Förderung von Libellen in Niedermoor-Paludikulturen mit Schilf und Rohrkolben formulieren. Diese sind als erste Vorschläge zu verstehen, die zwingend eines wissenschaftlichen Monitorings zur Überprüfung ihrer Wirksamkeit bedürfen. Zur Förderung der Libellenfauna könnten bei der Etablierung von Paludikulturen folgende Maßnahmen umgesetzt werden, um die Habitatqualität zu erhöhen:

- Um Libellenarten mit unterschiedlichen Ansprüchen an Wasserführung und Wasserstände geeignete Lebensräume zu bieten (vgl. HOLTSMANN et al. 2019 für Regenrückhaltebecken), sollte das Gelände bei der Etablierung einer Paludikultur nicht oder nur in geringem Maße nivelliert werden, sodass reliefbedingt ein kleinräumiges Mosaik verschiedener Feuchtestufen entsteht und auch bei absinkenden Wasserständen noch nasse Bereiche verbleiben. Auf der untersuchten Versuchsfläche war dies gegeben und ermöglichte daher trotz teilweise stark schwankender Wasserstände eine erfolgreiche Reproduktion unterschiedlicher Libellenarten.
- Zusätzlich ist eine gezielte Vertiefung von Teilbereichen denkbar, um dauerhaft offene und wasserführende Kleingewässer in die Kulturen zu integrieren. Hierdurch profitieren Arten, die offene Wasserflächen und eine spärliche Verlandungsvegetation bevorzugen und daher nur in der Etablierungsphase auftreten, aber mit fortschreitender Sukzession wieder verschwinden. Diese Kleingewässer könnten zudem als Refugialzonen für Libellenlarven dienen, in die sie sich bei Trockenfallen oder Ablassen des Wassers bzw. beim Durchfrieren der seichteren Bereiche im Winter zurückziehen können (vgl. auch GRAF 2014; MÜNZER 2001; HOLTSMANN et al. 2019).
- Bei der Etablierung neuer Paludikulturen könnten kleinflächig Bereiche von der Bepflanzung mit Schilf und Rohrkolben ausgelassen werden (ähnlich wie Lerchenfenster zur Förderung der Feldlerche *Alauda arvensis* im Ackerbau). So entstehen Bereiche, in denen die Sukzession verzögert abläuft, sodass – zumindest partiell und zeitlich beschränkt – offene, seichte und besonnte Wasserflächen vorhanden sind (vgl. auch MÜNZER 2001). Hierdurch könnten vor allem Pionierarten wie *I. pumilio* profitieren.
- Zudem sollten in großflächigen Paludikulturen möglichst Schläge mit unterschiedlichen Kulturen etabliert werden. Verschiedene Paludikultur-Varianten bieten durch unterschiedliche abiotische Bedingungen (u.a. Wasserstände), Vegetationsstrukturen, Bewirtschaftungsarten und -zeiten jeweils Lebensräume mit unterschiedlichen Bedingungen. Durch ein Mosaik verschiedener Varianten profitieren somit Arten mit unterschiedlichen Habitatansprüchen; dies dürfte sowohl für die Biodiversität insgesamt (vgl. NÄRMANN et al. 2021: 290f, 181ff) als auch für die Libellendiversität förderlich sein.

Da es sich bei Paludikulturen mit Schilf und Rohrkolben um neuartige Nutzungssysteme handelt und die hier vorgestellte Untersuchung nur einen kurzen Zeitraum umfasste, besteht ein erheblicher Forschungsbedarf zu den Potenzialen als Lebensraum für Libellen (vgl. NÄRMANN et al. 2021: 174ff). Dabei sollten vor allem folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Vergleich der Habitatfunktion und -qualität unterschiedlicher Paludikultur-Varianten (neben Schilf und Rohrkolben auch weitere mögliche Anbausysteme)
- Einfluss der Ernte und Effekte unterschiedlicher Mahdzeitpunkte und -frequenzen auf die Libellenfauna

- Habitatfunktion und -qualität von Niedermoor-Paludikulturen in unterschiedlichen landschaftlichen Situationen (beispielsweise grünland- oder ackerdominierte Landschaften, strukturreiche oder strukturarmer Landschaften)
- Einfluss der kulturtypischen Wasserstände und Wasserstandsschwankungen auf den Reproduktionserfolg verschiedener Arten
- Veränderung der Libellengemeinschaften im Laufe der weiteren Alterung bzw. Sukzession der Kulturen
- Erprobung der vorgeschlagenen Aufwertungsmaßnahmen sowie wissenschaftliches Monitoring ihrer Effekte auf die Libellenfauna

## Dank

Wir danken Lotta Zoch für ihre hilfreichen Anmerkungen zum Manuskript und für die Hilfe bei der Bestimmung der *Sympetrum*-Exuvien. Zudem danken wir Andreas Chovanec, Rüdiger Mauersberger und Christoph Willigalla für ihre fundierten und hilfreichen Anmerkungen zum Manuskript. Darüber hinaus danken wir Philipp-Fernando Köwitsch und Ullrich Dettmann (Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig) für die bereitgestellten Daten zu den Wasserständen in den Paludikultur-Versuchsbecken.

## Literatur

- ABEL S., J. COUWENBERG, T. DAHMS & H. JOOSTEN (2013) The Database of Potential Paludiculture Plants (DPPP) and results for Western Pomerania. *Plant Diversity and Evolution* 130: 219–228
- BAUMANN K., R. JÖDICKE, F. KASTNER, A. BORKENSTEIN, W. BURKART, U. QUANTE & T. SPENGLER (Ed.) (2021a) Atlas der Libellen in Niedersachsen/Bremen. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Libellen in Niedersachsen und Bremen, Sonderband
- BAUMANN K., F. KASTNER, A. BORKENSTEIN, W. BURKART, R. JÖDICKE & U. QUANTE (2021b) Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Libellen mit Gesamtartenverzeichnis, 3. Fassung, Stand 31.12.2020. *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen* 40(1): 3–37
- BELLMANN H. (2013) Der Kosmos Libellenführer, 3. Auflage. Franck-Kosmos Verlag, Stuttgart
- BENKEN T. (2021) *Sympetrum vulgatum* – Gemeine Heidelibelle. In: BAUMANN K., R. JÖDICKE, F. KASTNER, A. BORKENSTEIN, W. BURKART, U. QUANTE, T. SPENGLER (Ed.) Atlas der Libellen in Niedersachsen/Bremen: 346–348. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Libellen in Niedersachsen und Bremen, Sonderband
- BRAUNER O. (2015) *Aeshna mixta* Latreille, 1805. In: BROCKHAUS T., H.J. ROLAND, T. BENKEN, K.J. CONZE, A. GÜNTHER, K.G. LEIPALT, M. LOHR, A. MARTENS, R. MAUERSBERGER, J. OTT, F. SUHLING, F. WEIHRAUCH & C. WILLIGALLA: Atlas der Libellen Deutschlands. *Libellula Supplement* 14: 154–157
- BROCHARD C., D. GROENENDIJK, E. VAN DER PLOEGE & T. TERMAAT (2012) Larvenhuidjes van Libellen. KNNV Uitgeverij, Zeist
- BRUENS A. & U. QUANTE (2021) *Libellula depressa* – Plattbauch. In: BAUMANN K., R. JÖDICKE, F. KASTNER, A. BORKENSTEIN, W.

- BURKART, U. QUANTE & T. SPENGLER (Ed.) Atlas der Libellen in Niedersachsen/Bremen: 287–290. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Libellen in Niedersachsen und Bremen, Sonderband
- BUCHWALD R., K. BAUMANN, U. QUANTE & R. JÖDICKE (2021) *Aeshna mixta* – Herbst-Mosaikjungfer. In: BAUMANN K., R. JÖDICKE, F. KASTNER, A. BORKENSTEIN, W. BURKART, U. QUANTE & T. SPENGLER (Ed.) Atlas der Libellen in Niedersachsen/Bremen: 165–168. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Libellen in Niedersachsen und Bremen, Sonderband
- CHOVANEC A. (1999) Methoden für die Erhebung und Bewertung der Libellenfauna (Insecta: Odonata), eine Arbeitsanleitung. *Anax* 2(1): 1–22
- CHOVANEC A. & R. RAAB (1997) Dragonflies (Insecta, Odonata) and the ecological status of newly created wetlands – examples for long-term bioindication programmes. *Limnologia* 27 (3/4): 381–392
- CHOVANEC A. (2022a) Reaktion der Kleinen Pechlibelle, *Ischnura pumilio* (Charpentier, 1825) (Odonata: Coenagrionidae), auf sich verändernde Lebensraumbedingungen. *Zeitschrift der Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Entomologen* 74: 21–54
- CHOVANEC A. (2022b) Populationsdynamische Prozesse bei der Großen Heidelibelle *Sympetrum striolatum* (Charpentier, 1840) an einem kleinen, schnell zuwachsenden Feuchtgebiet in Niederösterreich (Odonata: Libellulidae). *Naturkundliche Mitteilungen aus den Landessammlungen Niederösterreich* 32: 21–40
- GEURTS J. & C. FRITZ (Eds) (2018) Paludiculture pilots and experiments with focus on cattail and reed in the Netherlands. Technical report, CINDERELLA project
- GLITZ D. (2012) Libellen in Norddeutschland: Geländeschlüssel. Heidesheim
- GRAF R. (2014) Rohrkolbenanbau – eine Chance für die Artenvielfalt? *Der Ornithologische Beobachter* 111 (2): 93–106
- HEINZ S. (2012) Population Biology of *Typha latifolia* L. and *Typha angustifolia* L. Establishment, Growth and Reproduction in a Constructed Wetland. Shaker, Aachen
- HOLTMANN L., M. JUCHEM, J. BRÜGGESHEMKE, A. MÖHLMAYER & T. FARTMANN (2018) Stormwater ponds promote dragonfly (Odonata) species richness and density in urban areas. *Ecological Engineering* 118: 1–11
- HOLTMANN L., J. BRÜGGESHEMKE, M. JUCHEM & T. FARTMANN (2019) Odonate assemblages of urban stormwater ponds: the conservation value depends on pond type. *Journal of Insect Conservation* 23: 123–132
- JOOSTEN H., G. GAUDIG, F. TANNEBERGER, S. WICHMANN & W. WICHTMANN (2016) Paludiculture: sustainable productive use of wet and rewetted peatlands. In: BONN, A., T. ALLOT, M. EVANS, H. JOOSTEN, R. STONEMAN (Eds) Peatland restoration and ecosystem services: science, policy and practice: 339–357. Cambridge University Press, Cambridge
- LEHMANN G. (1990) Faunistisch-ökologische Grundlagenstudien an Odonaten (Insecta) im Bezirk Kufstein/Tirol. Dissertation am Zoologischen Institut der Universität Innsbruck
- LOHR M. (2021) *Ischnura pumilio* – Kleine Pechlibelle. In: BAUMANN K., R. JÖDICKE, F. KASTNER, A. BORKENSTEIN, W. BURKART, U. QUANTE, T. SPENGLER (Ed.) Atlas der Libellen in Niedersachsen/Bremen: 129–132. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Libellen in Niedersachsen und Bremen, Sonderband
- MAIER M. & H. WILDERMUTH (1991) Oekologische Beobachtungen zur Emergenz einiger Anisopteren an Kleingewässern. *Libellula* 10(3/4): 89–104
- MARTENS A. (1986) Annual development of *Libellula quadrimaculata* L. in a newly set-up pond (Anisoptera: Libellulidae). *Notulae odonatologicae* 2 (8): 133–134

- MEY D. & M. SCHLÜPMAN (2015) *Libellula depressa* Linnaeus, 1758. In: BROCKHAUS T., H.J. ROLAND, T. BENKEN, K.J. CONZE, A. GÜNTHER, K.G. LEIPELT, M. LOHR, A. MARTENS, R. MAUERSBERGER, J. OTT, F. SUHLING, F. WEIHRACH & C. WILLIGALLA: Atlas der Libellen Deutschlands. *Libellula Supplement* 14: 274–277
- MÜNZER W. (2001) Bestandsentwicklung und Produktionstechnik. In: PFDENHAUER, J. & U. WILD (Ed.) Rohrkolbenanbau in Niedermooren – Integration von Rohstoffgewinnung, Wasserreinigung und Moorschutz zu einem nachhaltigen Nutzungskonzept: 14–23. Abschlussbericht zum DBU-Projekt Nr. 10628
- NÄRMANN F., F. BIRR, M. KAISER, M. NERGER, V. LUTHARDT, J. ZEITZ & F. TANNEBERGER (2021) Klimaschonende, biodiversitätsfördernde Bewirtschaftung von Niedermoorböden. *BfN-Skripten* 616
- NORDT A., S. WICHMANN, J. RISSE, J. PETERS & A. SCHÄFER (2022) Potenziale und Hemmnisse für Paludikultur. Hintergrundpapier zur Studie „Anreize für Paludikultur zur Umsetzung der Klimaschutzziele 2030 und 2050“. Berlin
- OTT J., K.-J. CONZE, A. GÜNTHER, M. LOHR, R. MAUERSBERGER, H.-J. ROLAND & F. SUHLING (2015) Rote Liste und Gesamtartenliste der Libellen Deutschlands mit Analyse der Verantwortlichkeit, 3. Fassung, Stand Anfang 2012 (Odonata). *Libellula Supplement* 14: 395–422
- PFDENHAUER J. & U. WILD (Ed.) (2001) Rohrkolbenanbau in Niedermooren – Integration von Rohstoffgewinnung, Wasserreinigung und Moorschutz zu einem nachhaltigen Nutzungskonzept. Abschlussbericht zum DBU-Projekt Nr. 10628
- R CORE TEAM (2022) R Version 4.2.2. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria
- SCHLÜPMAN M. & A. MARTENS (2015) *Libellula quadrimaculata* Linnaeus, 1758. In: BROCKHAUS T., H.J. ROLAND, T. BENKEN, K.-J. CONZE, A. GÜNTHER, K.G. LEIPELT, M. LOHR, A. MARTENS, R. MAUERSBERGER, J. OTT, F. SUHLING, F. WEIHRACH & C. WILLIGALLA: Atlas der Libellen Deutschlands. *Libellula Supplement* 14: 282–285
- ŠIGUTOVÁ H., P. PYSZKO, J. VALUŠÁK & A. DOLNÝ (2022) Highway stormwater ponds as islands of Odonata diversity in an agricultural landscape. *Science of the Total Environment* 837: 155774
- STERNBERG K. & R. BUCHWALD (Ed.) (1999) Die Libellen Baden-Württembergs, Band 1: Allgemeiner Teil, Kleinlibellen (Zygoptera). Ulmer, Stuttgart
- STERNBERG, K. & R. BUCHWALD (Ed.) (2000) Die Libellen Baden-Württembergs, Band 2: Großlibellen (Anisoptera). Ulmer, Stuttgart
- TANNEBERGER F., S. ABEL, J. COUWENBERG, T. DAHMS, G. GAUDIG, A. GÜNTHER, J. KREYLING, J. PETERS, J. PONGRATZ & H. JOOSTEN (2021) Towards net zero CO2 in 2050: An emission reduction pathway for organic soils in Germany. *Mires and Peat* 27: 1–17
- WICHTMANN W., C. SCHRÖDER & H. JOOSTEN (Ed.) (2016) Paludikultur – Bewirtschaftung nasser Moore. Klimaschutz – Biodiversität – regionale Wertschöpfung. Schweizerbart, Stuttgart
- WILD U., T. KAMP, A. LENZ, S. HEINZ & J. PFDENHAUER (2001) Cultivation of *Typha* spp. in constructed wetlands for peatland restoration. *Ecological Engineering* 17 (1): 49–54
- WILDERMUTH H. (2011) Beeinflussen Elritzen die Libellenfauna kleiner Moorgewässer? (Teleostei: Cyprinidae; Odonata). *Libellula* 30 (3/4): 93–110

Manuskripteingang: 10. April 2023

## Anhang

### Anhang 1: Habitatstruktur der Paludikultur-Versuchsbecken

Im Rahmen vegetationskundlicher Untersuchungen (ZITZMANN, unveröff. Daten) wurden verschiedene Strukturparameter innerhalb der Paludikultur-Versuchsbecken erfasst. Die Daten wurden zur Charakterisierung der Habitateigenschaften für das Jahr der Libellenerfassung (2022) genutzt und dokumentieren die Veränderung der Habitateigenschaften der Versuchsbecken vom ersten (2021) zum zweiten Jahr (2022) nach der Etablierung. Pro Becken wurden acht Dauerflächen von jeweils 1 m<sup>2</sup> (1×1 m) im Juni 2021 und im Juni 2022 untersucht. Die Strukturparameter wurden mit dem Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben mithilfe der Software R, Version 4.2.2 (R CORE TEAM 2022), auf Unterschiede zwischen den beiden Erfassungsjahren getestet.

Deckung und Höhe der Krautschicht sowie Höhe der Kulturpflanzen nahmen von Juni 2021 zu Juni 2022 signifikant zu. Die Deckung von offenem Boden bzw. offenem Wasser nahm hingegen signifikant ab. Trotz der deutlichen Zunahme der Krautschichtdeckung nahmen offene Wasserflächen in den Becken 1–3 (mit Oberbodenabtrag) im Jahr 2022 immer noch große Deckungsanteile (zwischen ca. 50 und 75%) ein. Lediglich in Becken 4, in dem vor der Anpflanzung der Kulturpflanzen kein Oberbodenabtrag erfolgte, reduzierte sich die Deckung offener Wasserflächen im Jahr 2022 auf lediglich 20%.

**Tabelle Anhang 1:** Ausprägung verschiedener Strukturparameter innerhalb der Paludikultur-Versuchsbecken im Juni 2021 und im Juni 2022. Für jedes Becken wurden die Strukturparameter mithilfe des Wilcoxon-Tests auf Unterschiede zwischen den beiden Jahren getestet. Signifikant größere Werte ( $p < 0,05$ ) sind fett hervorgehoben. **KS** Krautschicht. – **Table Appendix 1.** Characteristics of different structural parameters within the four paludiculture ponds in June 2021 and in June 2022. For each pond, structural parameters were tested for differences between the years using the Wilcoxon test. Significantly greater values ( $p < 0.05$ ) are shown in bold. **KS** herb layer.

Parameter	Jahr	Becken 1		Becken 2		Becken 3		Becken 4	
		2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Deckung KS [in %]		13±6	<b>48±10</b>	3±1	<b>26±13</b>	25±32	<b>51±36</b>	41±9	<b>79±11</b>
Deckung offener Boden/ offenes Wasser [in %]		<b>88±6</b>	52±10	<b>97±1</b>	74±13	<b>75±32</b>	49±36	<b>59±9</b>	21±11
Mittlere Höhe KS [in m]		0,2±0,1	<b>0,6±0,1</b>	0,4±0,1	<b>0,6±0,1</b>	0,3±0,2	<b>0,9±0,2</b>	0,5±0,1	<b>1,1±0,1</b>
Maximale Höhe der Kulturpflanzen [in m]		0,5±0,1	<b>1±0,3</b>	0,7±0,1	<b>1,3±0,2</b>	1,1±0,1	<b>1,7±0,2</b>	1±0,2	<b>1,5±0,2</b>