

# Masterarbeit

## Die Rolle von Citizen Science in der Erfassung und Beurteilung von Feuchtgebieten: Evaluierung von methodischen Ansätzen und deren Aussagekraft im Vergleich

verfasst von

**Oliver WIJFFELS, BSc.**

im Rahmen des Masterstudiums

**Umwelt- und Bioressourcenmanagement**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Diplom-Ingenieur**

Wien, September 2025

Betreut von

Assoc. Prof.<sup>in</sup> Priv.-Doz.<sup>in</sup> Mag. Dr.<sup>in</sup> Gabriele  
Weigelhofer,  
Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement,  
Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt  
Universität für Bodenkultur Wien

Mitbetreut von

Dipl.-Ing.<sup>in</sup> Eva Feldbacher  
Institut für Hydrobiologie und  
Gewässermanagement,  
Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt  
Universität für Bodenkultur Wien



## Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere an Eides statt, dass ich diese Masterarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Gedanken, die im Wortlaut oder in grundlegenden Inhalten aus unveröffentlichten Texten oder aus veröffentlichter Literatur übernommen, oder mit künstlicher Intelligenz generiert wurden, sind ordnungsgemäß gekennzeichnet, zitiert und mit genauer Quellenangabe versehen.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher weder ganz noch teilweise in gleicher oder ähnlicher Form an einer Bildungseinrichtung als Voraussetzung für den Erwerb eines akademischen Grades eingereicht. Sie entspricht vollumfänglich den Leitlinien der Wissenschaftlichen Integrität und den Richtlinien der Guten Wissenschaftlichen Praxis.

Wien, 8. September 2025

A handwritten signature in black ink, reading "Oliver Wffels". The signature is written in a cursive style with a large, looped 'O' and a stylized 'Wffels'.

*“In the end we will conserve only what we love, we will love only what we understand, and we will understand only what we are taught.”*

Baba Dioum\*, 1968

*„Am Ende werden wir nur das bewahren, was wir lieben, wir werden nur das lieben, was wir verstehen, und wir werden nur das verstehen, was man uns lehrt.“*

Baba Dioum\*, 1968

\*Dioum, 1968, zitiert in (Valenti und Tavana, 2005, S.308)

## Vorwort

Diese Masterarbeit wurde von dem EU geförderten Projekt *Restore4Life* finanziell unterstützt.



### DISCLAIMER

Views and opinions expressed are, however, those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or European Health and Digital Executive Agency. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible.

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Gelingen dieser Masterarbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt meiner Betreuerin Gabriele Weigelhofer, die mich mit wertvollen Anregungen, konstruktivem Feedback und fachlicher Unterstützung durch den gesamten Prozess begleitet hat. Ebenso möchte ich mich bei Eva Feldbacher für ihre Unterstützung im Rahmen der Mitbetreuung bedanken.

Ein herzliches Danke gilt auch dem Projekt Restore4Life, dem Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement und allen Beteiligten, die mir den Zugang zu den notwendigen Ressourcen und Daten ermöglicht haben.

Ein großes Dankeschön geht an die fleißigen Testpersonen, die mit viel Zeit und Mühe im Untersuchungsgebiet die Methoden ausgetestet haben. Danke - Anicia, Carolin, Chris, Daniel, Emilia, Greta, Ilaria, Julia, Maurice, Meli, Michi, Moni, Nora, Peter, Simon, Peter, Stephanie, Teo, Tobi, Toni, Valle, Willi und Zsuzsi - ohne euch wäre dieser Versuch nicht möglich gewesen!

Zuletzt möchte ich meinen Eltern, meinen Geschwistern, meinen Freunden, meiner lieben Partnerin und Pippo danken, die mir während meines Studiums stets den Rücken gestärkt haben.

# Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung .....	i
Vorwort.....	iii
Danksagung .....	iv
Inhaltsverzeichnis .....	v
Kurzfassung .....	vii
Abstract .....	viii
1 Einleitung.....	1
1.1 Was ist Citizen Science .....	3
1.2 Das Potenzial von Citizen Science.....	4
1.3 Die Herausforderungen von Citizen Science .....	5
1.4 Monitoring und Bewertung von Feuchtgebiete.....	7
1.5 Ziel der Arbeit .....	8
2 Material und Methode.....	10
2.1 Testgebiet .....	10
2.2 Untersuchungsdesign .....	11
2.3 Wissenschaftliche Erhebung .....	12
2.3.1 Wasserqualität .....	12
2.3.2 Libellen .....	12
2.3.3 Ufergehölze .....	13
2.4 Citizen Science Erhebung.....	13
2.4.1 Wasserqualität .....	14
2.4.2 Libellen .....	15
2.4.3 Ufergehölze .....	16
2.5 Auswertung.....	17
3 Ergebnisse .....	19
3.1 Wasserqualität .....	19
3.1.1 Farbe & Geruch.....	19
3.1.2 Wassertrübheit.....	22
3.1.3 Nitratmessungen (NO <sub>3</sub> ) .....	23
3.1.4 Phosphatmessungen (PO <sub>4</sub> ) .....	26
3.1.5 Gelöster Sauerstoff.....	28
3.1.6 Qualitative Beschreibungen .....	29
3.1.7 Zusätzliche Ergebnisse und Vergleiche .....	32

3.2	Libellen .....	33
3.3	Ufergehölze .....	38
3.4	Feedback der Teilnehmenden.....	42
4	Diskussion .....	46
4.1	Wasserqualität .....	46
4.2	Libellen .....	49
4.3	Ufergehölze .....	52
4.4	Eignung und Aussagekraft .....	53
5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	57
	Literaturverzeichnis .....	60
	Erklärung zum Einsatz von generativen KI-Tools .....	66
	Anhang A: Unterlagen der Citizen Scientists.....	67
	Anhang B: Liste der Taxa – Libellen .....	81
	Anhang C: Liste der Taxa - Gehölze .....	85



## Kurzfassung

Der Rückgang der globalen Biodiversität stellt eine große Bedrohung dar. Insbesondere Süßwasserökosysteme stehen weltweit unter großen Druck. Für ihren effektiven Schutz sind sowohl verlässliche Informationen über ihren Zustand als auch die Unterstützung der Öffentlichkeit essenziell. Citizen Science bietet hierbei einen vielversprechenden Ansatz, um einerseits umfangreiche Daten über große geografische Gebiete zu sammeln und andererseits die Gesellschaft aktiv in den wissenschaftlichen Prozess einzubinden. Obwohl Citizen Science in den letzten Jahrzehnten an Bedeutung gewonnen hat, bestehen weiterhin Herausforderungen hinsichtlich der Datenqualität. Daher ist es notwendig, Citizen Science-Methoden zu testen und mit wissenschaftlich erhobenen Referenzdaten zu vergleichen, um ihre Genauigkeit und Zuverlässigkeit zu verbessern. Diese Arbeit untersucht Citizen Science-Methoden im Vergleich zu wissenschaftlichen Methoden, indem drei Qualitätsindikatoren – Wasserqualität, Libellen und Ufergehölze – am Fluss March und einem nahegelegenen Altarm sowohl durch Citizen Scientists als auch durch wissenschaftliche Referenzdatenerhebungen analysiert werden. Die Ergebnisse zeigen, dass Citizen Scientists Wasserqualitätsdaten gut erfassen können, diese jedoch eine hohe Variabilität im Vergleich zu den Referenzdaten aufweisen. Bei der Untersuchung von Libellen stellte sich heraus, dass es für Citizen Scientists schwierig ist, Libellen zu finden und auf Artenniveau zu bestimmen. Ufergehölze hingegen konnten von Citizen Scientists gut erfasst und mithilfe von Hilfsmaterialien größtenteils korrekt bestimmt werden. Auf Basis dieser Ergebnisse wurden methodische Verbesserungsvorschläge entwickelt, um die Datenqualität zu steigern und eine Grundlage für zukünftige Citizen Science-Projekte oder ähnliche Forschungen in Feuchtgebieten zu schaffen. Diese Arbeit leistet insgesamt einen Beitrag zur Weiterentwicklung von Citizen Science-Methoden und zur Förderung ihrer Akzeptanz.

## Abstract

The decline in global biodiversity poses a major threat. Freshwater ecosystems in particular are under considerable pressure worldwide. Reliable information about their condition and public support is essential for their effective protection. Citizen science offers a promising approach to collecting extensive data over large geographical areas while actively involving society in the scientific process. Although citizen science has gained importance in recent decades, challenges remain with regard to data quality. It is therefore necessary to test citizen science methods and compare them with scientifically collected reference data in order to improve their accuracy and reliability. This study examines citizen science methods in comparison to scientific methods by analyzing three quality indicators - water quality, dragonflies, and riparian vegetation - at the March River and a nearby oxbow lake using both citizen scientists and scientific reference data collection. The results show that citizen scientists are able to collect water quality data well, but that this data shows high variability compared to the reference data. When studying dragonflies, it was found that citizen scientists have difficulty finding dragonflies and identifying them at the species level. Riparian vegetation, on the other hand, was well recorded by citizen scientists and, with the help of supporting materials, was largely correctly identified. Based on these results, methodological improvements were developed to increase data quality and create a basis for future citizen science projects or similar research in wetlands. This work contributes to the further development of citizen science methods and promotes their acceptance.

# 1 Einleitung

Der weltweite Verlust der biologischen Vielfalt hat mittlerweile ein Niveau erreicht, das als sechstes Massenaussterben bezeichnet werden kann (Pereira et al., 2024). Dabei ist Biodiversität essenziell für das Funktionieren von Ökosystemen, die das Leben auf der Erde möglich machen (Loreau et al., 2021). Ohne intakte und artenreiche Lebensräume verlieren nicht nur unzählige Organismen ihre Existenzgrundlage, sondern auch wir Menschen setzen unsere Lebensqualität und letztlich unser Überleben aufs Spiel (IPBES, 2019).

Der Verlust der biologischen Vielfalt wird besonders in Feuchtgebieten sichtbar. Diese Gebiete gehen derzeit mit einer dreimal höheren Rate verloren als Wälder (Ramsar Convention on Wetlands, 2018). Nahezu die Hälfte der Feuchtgebiete weltweit ist von einem fortschreitenden Rückgang betroffen und trotz jahrzehntelanger Schutzbemühungen zeigen nur wenige Feuchtgebiete Anzeichen einer Erholung (WWN, 2024). Allein die Wildtierpopulationen in Süßwasserökosystemen haben um durchschnittlich 85 % abgenommen, deutlich mehr als terrestrische und marine Populationen (WWF, 2024).

Dabei sind Süßwasserökosysteme, darunter Flüsse, Seen, Auen und Moore, Lebensräume von außergewöhnlicher biologischer Vielfalt. Obwohl sie weniger als 1 % der Erdoberfläche bedecken, beherbergen sie etwa ein Drittel aller Wirbeltierarten und 10 % aller bekannten Arten weltweit (Strayer und Dudgeon, 2010). Diese Ökosysteme stellen außerdem Nahrung und Rohstoffe bereit, sichern die Wasserversorgung, reinigen das Wasser, regulieren das Klima und schützen vor Überschwemmungen. Darüber hinaus bieten sie Raum für Erholung und gewinnen zunehmend an Bedeutung für den Tourismus (MEA, 2005).

Trotz der Vielzahl an Ökosystemdienstleistungen stehen Süßwasserökosysteme unter wachsendem Druck durch Übernutzung, Veränderung der Wasserläufe, Zerstörung oder Degradierung von Lebensräumen, Invasion durch gebietsfremde Arten sowie Wasserverschmutzung (Dudgeon et al., 2006). Bis 2050 wird voraussichtlich ein Drittel der Weltbevölkerung Wasser mit übermäßigem Stickstoff- und Phosphorgehalt ausgesetzt sein. Zusätzlich tragen Verschmutzungen wie Plastikmüll, Pestizide und Pathogene zur weiteren Verschlechterung der Wasserqualität bei (Ramsar Convention on Wetlands, 2018). Maßnahmen wie die Begradigung von Flüssen, das Abschneiden von Mäandern und die Entwässerung von Flächen haben dazu geführt, dass Flüsse von ihren Auen getrennt wurden. Dadurch wurde ihre wichtige Rolle bei der Minderung von Überschwemmungen und Dürren, als Lebensraum sowie der Schutz der Wasserqualität stark eingeschränkt (EEA, 2020).

Um die Gesundheit und die Stabilität dieser Ökosysteme zu schützen, wurden bereits in Vergangenheit eine Vielzahl an internationalen Abkommen geschlossen. Beispiele dafür sind die

Ramsar-Konvention (Ramsar Convention, 1971) zum Schutz von Feuchtgebieten, das Washingtoner Artenschutzübereinkommen (CITES, 1973) zur Regulation von Handel mit gefährdeten Arten und die Biodiversitätskonvention von 1992 (CBD, 2011) für den Erhalt der biologischen Vielfalt. Trotz zahlreicher politischer Vereinbarungen und Strategien setzen sich die weltweiten Trends des Rückgangs der Biodiversität fort (Dirzo et al., 2014; Finn et al., 2023; Outhwaite et al., 2022) und die Belastungen auf Süßwasserökosysteme nehmen weiter zu (Reid et al., 2019).

Eine Kombination aus wissenschaftlicher Innovation, politischer Zusammenarbeit und gesellschaftlichem Engagement sind daher erforderlich, um Süßwasserökosysteme in Zukunft effektiver zu schützen (Tickner et al., 2020). Ein Beispiel für einen solchen interdisziplinären Ansatz zur Wiederherstellung von Feuchtgebieten ist das EU-Restore4Life Projekt, das wissenschaftliche Methoden, neue Technologien und eine starke Einbindung der Gesellschaft miteinander verbindet (Europäische Kommission, 2023).

Ein grundlegender Schritt für einen effektiven Naturschutz ist die Gewinnung präziser Informationen über die Veränderung von Lebensräumen und Biodiversitätstrends (Dirzo et al., 2014; Kühl et al., 2020). Diese Informationen sollen nicht nur den aktuellen Zustand von Ökosystemen erfassen, sondern auch aufzeigen wie verschiedene Schutzmaßnahmen, darunter Renaturierungen, die Schaffung neuer Lebensräume oder die Einrichtung strenger Schutzgebiete, wirken (Johnson et al., 2017). Allerdings sind viele Regionen aufgrund begrenzter institutioneller Kapazitäten in der Datenerhebung, -verwaltung und -auswertung nicht in der Lage ihre Süßwasserökosysteme kontinuierlich zu überwachen (Smits et al., 2025). Für einige Feuchtgebietstypen sind daher nicht genug Daten vorhanden und über deren Verschlechterung liegen nur begrenzte Informationen vor (Convention on Wetlands, 2025).

Neben der Informationsgewinnung rückt auch Umweltbildung zunehmend in den Fokus, da es eine wichtige Rolle zur Schärfung des ökologischen Bewusstseins und damit zur Überwindung der gegenwärtigen Umweltprobleme spielt (Ardoin et al., 2020). Insbesondere im Schutz von Feuchtgebieten zeigen sich positive Entwicklungen, wenn lokale Gemeinschaften ein Bewusstsein für deren Bedeutung entwickeln und die ökologischen sowie wirtschaftlichen Vorteile dieser Ökosysteme verstehen (McInnes et al., 2020).

Eine Methode, um große Datenmengen zu sammeln und gleichzeitig Wissen zu vermitteln, ist Citizen Science, ein Forschungsansatz, der die Bevölkerung in den wissenschaftlichen Erhebungsprozess integriert (Bonn et al., 2021). In den letzten Jahren hat Citizen Science, besonders im Bereich der Ökologie, an Popularität gewonnen und dabei eine zunehmende Menge an Daten generiert (Burgess et al., 2017). Trotz der weltweiten Zunahme am Einsatz von Citizen Science (Conrad and Hilchey, 2011) gibt es dennoch Bedenken hinsichtlich der Datenqualität und der Anerkennung als

zuverlässige Methode wissenschaftlicher Forschung (Bonney et al., 2014). Die Evaluierung der Präzision und Aussagekraft von Citizen Science Methoden im Vergleich zu traditionellen wissenschaftlichen Erhebungen ist daher von großer Bedeutung, um die bestehenden Bedenken zu adressieren (Weigelhofer und Pölz, 2016).

## 1.1 Was ist Citizen Science

Unter Citizen Science, auch Bürgerwissenschaften genannt, wird allgemein die Miteinbeziehung der Bevölkerung in den wissenschaftlichen Forschungsprozess verstanden. Dabei arbeiten Forschende mit Bürger und Bürgerinnen zusammen, um Wissen für Wissenschaft und Gesellschaft zu generieren (Vohland et al., 2021). Die Freiwilligen haben in der Regel keine spezifischen Vorkenntnisse und die Motivation besteht meist darin, zum wissenschaftlichen Verständnis beizutragen, insbesondere im Bereich des Naturschutzes (Larson et al., 2020; Tulloch et al., 2013). Die Hauptziele von Citizen Science liegen im Wesentlichen in der Erweiterung des wissenschaftlichen Wissens, der Optimierung von Forschungsmethoden und der Steigerung des öffentlichen Bewusstseins für wissenschaftliche und ökologische Themen (Tulloch et al., 2013).

Die Beteiligung der Gesellschaft in den wissenschaftlichen Prozessen ist kein neues Phänomen. Vor der Professionalisierung der Wissenschaft im späten 19. Jahrhundert wurde nahezu die gesamte wissenschaftliche Forschung von Laien durchgeführt (Vetter, 2011). Der Beitrag durch Laien hat geholfen, einige der wertvollsten Sammlungen von Tieren, Pflanzen, Gesteinen, Fossilien und anderen Exemplaren weltweit aufzubauen (Miller-Rushing et al., 2012). Der Bereich der Vogelkunde verfügt über die längste Tradition von Citizen Science (Greenwood, 2007). So hat beispielsweise im 19. Jahrhundert Leuchtturmpersonal Daten zu Vogelschlägen gesammelt oder ein Vogelzug-Forschungsprogramm mithilfe von Freiwilligen bis in die 1950er über 6 Millionen Datensätze erfasst (Droege, 2007). Diese historische Beteiligung von Laien in der Forschung hat sich in den letzten Jahrzehnten zu Citizen Science weiterentwickelt.

Der Begriff Citizen Science hat keine einheitliche Definition, da es ein breites Spektrum an Forschungsaktivitäten abdeckt (Haklay et al., 2021). Diese Arbeit orientiert sich an der Definition von Sanz et al. (2015), die Citizen Science als „...*general public engagement in scientific research activities when citizens actively contribute to science either with their intellectual effort or surrounding knowledge or with their tools and resources*“ beschreibt (Serrano Sanz et al., 2015, S. 8).

Citizen Science Projekte variieren stark in ihrer Ausgestaltung und weisen eine breite Vielfalt in ihren Zielen und Bestrebungen auf (Vattakaven et al., 2022). Die Beteiligung von Freiwilligen in wissenschaftlichen Projekten kann beispielsweise je nach ihrem Grad der Mitwirkung im

Forschungsprozess unterschiedlich sein. Darauf basierend lassen sich Citizen Science Projekte in drei Typen einteilen (Bonney et al., 2009a) :

- 1) Beitragende Projekte (Contributory) – Projekte werden von Wissenschaftler\*innen entwickelt und der Beitrag der Freiwilligen ist in der Regel auf die Datenlieferung fokussiert, d.h. Informationen werden gesammelt und an das Projekt bzw. den Wissenschaftler\*innen zur Analyse und weiteren Verarbeitung weitergegeben
- 2) Kollaborative Projekte (Collaborative) - Freiwillige beteiligen sich an mehreren Schritten des Forschungsprozesses über die Datensammlung hinaus, bspw. zusätzlich bei der Entwicklung des Forschungsdesigns oder der weiteren Analyse der Daten
- 3) Ko-kreierte Projekte (Co-created) - Forschende und Freiwillige entwickeln gemeinsam das Projekt, d.h. die Freiwilligen sind von Anfang an im Projekt stark involviert

Des Weiteren lassen sich Citizen Science Projekte danach kategorisieren, wie die Datenerfassung gestaltet ist. Diese reichen von einfachen Meldungen von Vorkommen bis hin zu strukturierten Datenerhebungsmethoden und strengen Protokollen (Vattakaven et al., 2022). Die Auswahl des Ansatzes hängt von den spezifischen Zielen und Bedingungen des jeweiligen Citizen Science Projekts ab.

## 1.2 Das Potenzial von Citizen Science

Großflächige Biodiversitätsmonitorings und Untersuchungen mit traditionellen Methoden sind oft kosten-, arbeits- und zeitintensiv (Callaghan et al., 2025). Citizen Science hat das Potenzial, große Mengen an Biodiversitätsdaten zu sammeln und damit wertvolle Einblicke in biologische Trends und Veränderungen in Ökosystemen zu liefern (Bonney et al., 2009b; Rapacciuolo et al., 2021). Durch die Zusammenführung einzelner Beobachtungen von Citizen Scientists entstehen umfangreiche Datensätze die regionale bis globale Ausmaße erreichen können und lange Zeiträume abdecken (Theobald et al., 2015). Die gesammelten Daten können für Forschungszwecke verwendet werden oder als Grundlage für Managemententscheidungen dienen (Bonney et al., 2009b). Citizen Science ist oft der einzige praktikable Weg, um Daten in viel größeren Mengen in geografisch breitere Gebiete zu sammeln, als es für einzelne Forschungsteams möglich wäre (Dickinson et al., 2010). Dieser Ansatz gilt grundsätzlich als kosteneffizient, da er auf die Unterstützung von Freiwilligen setzt und die Abhängigkeit von teuren professionellen Erhebungen reduziert (Pocock et al., 2018; Roy et al., 2012). Daher hat Citizen Science besonders im Bereich Naturschutz- und Biodiversitätsforschung an Bedeutung gewonnen (Freitag und Pfeffer, 2013).

Der Einsatz von Citizen Science erweist sich als besonders wirkungsvoll im Aufspüren seltener Arten sowie neu auftretender invasiver Arten (Dickinson et al., 2010). Citizen Science Datensätze sind

außerdem eine wertvolle globale Forschungsressource, da die Projektverantwortlichen ihre Daten häufig öffentlich teilen oder die Daten bereits online frei verfügbar sind (Theobald et al., 2015). Darüber hinaus stärkt Citizen Science das Wissen der Teilnehmenden über wissenschaftliche und ökologische Konzepte (Vattakaven et al., 2022). Personen, die an wissenschaftlichen Projekten teilnehmen, erweitern nicht nur ihr Faktenwissen und ihr Interesse an wissenschaftlichen Themen (Lowman und Randle, 2009), sondern entwickeln auch Kompetenzen im wissenschaftlichen Denken und der angewendeten Methodik (Thompson und Bonney, 2007).

Der Einsatz von Citizen Science im Bereich des Umwelt- und Naturschutzes bietet weiters den Vorteil, die Unterstützung der Gesellschaft für den Naturschutz zu stärken. Durch die Teilnahme von Personen ohne formale wissenschaftliche Ausbildung an der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung kann der Naturschutz bzw. die Wissenschaft im Allgemeinen zu einem transparenteren, offeneren, demokratischeren und gesellschaftlich relevanteren Bereich werden (Conrad und Hilchey, 2011; Cosquer et al., 2012). Dies kann dazu beitragen, die Akzeptanz von Forschungsergebnissen in politischen Entscheidungsprozessen zu verbessern (Serrano Sanz et al., 2015).

Damit hat Citizen Science nicht nur das Potenzial, mit neuen Ansätzen gemeinsam komplexe Probleme zu lösen, sondern auch die Beziehung zwischen Wissenschaft und Gesellschaft positiv zu beeinflussen (Bonney et al., 2016).

### 1.3 Die Herausforderungen von Citizen Science

Trotz der vielen Vorteile von Citizen Sciences wird die Anwendung dieser Methode in der wissenschaftlichen Forschung nicht immer auf die gleiche Stufe mit traditionellen Forschungsmethoden gestellt und mit einer gewissen Skepsis betrachtet (Bonney et al., 2014; Theobald et al., 2015). Gründe dafür sind vor allem die potenzielle Ungenauigkeit der von Freiwilligen gesammelten Daten und die unterschiedlichen Verzerrungen, die in Datenerhebungen vorkommen können (Kosmala et al., 2016).

Aufgrund des unterschiedlichen Erfahrungs- und Kenntnisniveaus der Freiwilligen besteht das Risiko, dass Ungenauigkeiten entstehen, indem Daten fehlerhaft erfasst oder Beobachtungen irrtümlich interpretiert werden (Dickinson et al., 2010). Beispielsweise können falsch-positiv Fehler, d.h. wenn Beobachtende fälschlicherweise das Vorhandensein einer Art melden, obwohl sie nicht da ist, zu Verzerrungen in der Verteilung von Arten führen (Johnston et al., 2023). Die Rate der falsch-positiven Meldungen in Daten ist von der Kompetenz und Erfahrung der Freiwilligen mit der jeweiligen Art abhängig (Farmer et al., 2012).

Verzerrungen in Citizen Science Daten treten weiters durch Unterschiede im Aufzeichnungsverhalten der Beobachtenden auf. Personen, die Daten sammeln, können unterschiedliche Muster und Präferenzen haben, was dazu führt, dass manche Arten, Gebiete oder Zeiträume häufiger erfasst werden als andere (Callaghan et al., 2025). Einige Personen konzentrieren sich beispielsweise auf bestimmte Arten, die sie besonders interessant finden bzw. gut identifizieren können, oder sie zeichnen Daten bevorzugt an Orten auf, die für sie leicht zugänglich sind (August et al., 2020; Boakes et al., 2016). Beispielsweise zeichnet sich dies in einigen Datensätzen ab, dass größere Arten öfter registriert werden als Kleinere (Callaghan et al., 2021). Einige Teilnehmende fokussieren sich hingegen auf besonders seltene Arten und nehmen dafür längere Wege auf sich, um diese zu sehen und zu dokumentieren (Kolstoe und Cameron, 2017).

Darüber hinaus spielen individuelle Faktoren eine wesentliche Rolle, insbesondere die Bereitschaft und das Engagement der Teilnehmenden, Beobachtungen zu dokumentieren. Das persönliche Interesse an der Datenaufnahme und der Verfügbarkeit von Zeit beeinflussen zusätzlich die Datenqualität (Rotman et al., 2014). Beispielsweise ist es wichtig, die unterschiedliche Zeitverfügbarkeit der Teilnehmenden, wie etwa die tendenziell größere Freizeit von Studierenden im Vergleich zu berufstätigen Personen, zu berücksichtigen (Kiruba-Sankar und Barman, 2024).

Viele Citizen Science Datensätze stammen aus Projekten, welche weniger Struktur, weniger festgelegte Protokolle oder geringere Anforderungen an die Teilnehmenden stellen (Pocock et al., 2017). Die zunehmende Beliebtheit von Plattformen wie z.B. iNaturalist zeigt die Zunahme an zufälligen Artenbeobachtungen (Amano et al., 2016). Citizen Scientists machen in diesem Fall Beobachtungen nach eigenem Ermessen und ohne festgelegte Vorgaben. Diese Flexibilität im Datenerhebungsprozess ermöglicht es den Teilnehmenden, selbst zu entscheiden, wie sie sich an einem Projekt beteiligen. Dies kann zwar die Beteiligung erhöhen, kann jedoch auch dazu führen, dass manche Orte oder Zeiten überrepräsentiert sind, während andere vernachlässigt werden, was eine systematische und gleichmäßige Erfassung von Daten verhindert (Boakes et al., 2016; Pocock et al., 2017). Strukturierte Protokolle erfordern hingegen, dass Freiwillige einem festgelegten Plan folgen, was zu präzisen und vergleichbaren Daten führt, aber dafür die Beteiligungsquote einschränken kann (Vattakaven et al., 2022).

Der Erfolg von Citizen Science Projekten hängt stark von der Qualität der Daten ab, die von den Freiwilligen gesammelt werden (Kiruba-Sankar und Barman, 2024). Die Gewährleistung der Datenqualität und die Minimierung von Fehlerquellen stellt damit für Citizen Science eine wesentliche Herausforderung dar, um als eine wissenschaftliche und verlässliche Methode angesehen zu werden. Daher ist es notwendig, Methoden zu entwickeln und zu testen, welche die Genauigkeit und die Zuverlässigkeit der von Freiwilligen erhobenen Daten gewährleisten. Ohne



Qualitätssicherung nimmt die Menge der gesammelten Daten zwar zu, jedoch bleibt die Zuverlässigkeit und die Nutzbarkeit dieser Daten ungewiss (Tulloch et al., 2013).

## 1.4 Monitoring und Bewertung von Feuchtgebiete

Um den Zustand von Feuchtgebieten zu bewerten, können verschiedene Qualitätsindikatoren herangezogen werden. Diese Arbeit konzentriert sich auf drei Indikatoren: Wasserqualität, Ufergehölze und Libellen.

Die Wasserqualität ist ein grundlegender Indikator für die Gesundheit eines Feuchtgebiets und kann durch physikalische, chemische und biologische Parameter bestimmt werden (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Die Sauerstoffkonzentration im Wasser ist entscheidend für das Überleben vieler aquatischer Organismen. Während manche Süßwasserarten hohe Sauerstoffkonzentrationen benötigen, kommen andere mit geringeren Werten aus (dieser Bereich liegt zwischen 2mg/L - 11mg/L gel. O<sub>2</sub>). Fehlt jedoch ein Minimum an gelöstem Sauerstoff im Wasser können die meisten Organismen im Wasser nicht überleben. Die Menge an gelöstem Sauerstoff im Wasser wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Beispielsweise kann kälteres Wasser mehr Sauerstoff aufnehmen als wärmeres, weshalb die Sauerstoffkonzentration in Gewässern während heißer Sommermonate oft abnimmt (Water Rangers, 2025a). Überschüssige Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor gelangen häufig durch landwirtschaftliche Düngemittel oder Abwässer in Gewässer. Hohe Konzentrationen dieser Nährstoffe können eine Eutrophierung auslösen, die letztlich zu Sauerstoffmangel im Gewässer führt (Sutton et al., 2013). Zusätzlich zu direkten Messungen von Nährstoff- und Sauerstoffkonzentrationen können Parameter wie Wassertrübung, -farbe und -geruch Hinweise auf den ökologischen Zustand eines Gewässers geben. Die Wassertrübung beschreibt wie stark Licht durch Schwebstoffe (z. B. Sedimente, Algen, organische Partikel) im Wasser gestreut wird. Gleichzeitig kann die Wasserfarbe auf das Vorhandensein organischer Substanzen wie Algen oder Huminstoffe hinweisen, während ein intensiver Geruch oft auf Verschmutzungen oder Zersetzungsprozesse hinweist (Pooja, 2019).

Libellen sind gute Bioindikatoren, da viele Arten spezielle Anforderungen an ihre Lebensräume haben und empfindlich auf Veränderungen reagieren. Libellen durchlaufen in ihrem Lebenszyklus mehrere Entwicklungsstadien, die sowohl im Wasser als auch an Land stattfinden (Bellmann und Helb, 2022). Libellen zählen, ähnlich wie Vögel oder Tagfalter, zu den Tiergruppen, die sich besonders gut für den Einstieg in die Artenkenntnis eignen. Ihre Bestimmung ist anhand von erkennbaren Merkmalen wie Körperfarben, Flügelzeichnungen, Beinfarben und charakteristischen Zeichnungen des Hinterleibs möglich. Diese vielfältigen Merkmale ermöglichen es, viele Arten sogar nur mittels Fotos zu identifizieren (Ott, 2016).

Ufergehölze bieten Lebensraum und Nahrung für zahlreiche Tierarten, schützen vor Erosion und tragen zur Wasserreinigung bei. Die Vegetation entlang von Uferbereichen kann daher Aufschluss über den Zustand eines Feuchtgebietes und den vorherrschenden Standortbedingungen geben. Veränderungen in der Ufervegetation können auf Verschmutzungen oder andere Störungen hinweisen (Gumiero et al., 2023).

## 1.5 Ziel der Arbeit

Die Vereinfachung von Aufgaben und Methoden in Citizen Science-Projekten ist notwendig, damit auch Personen ohne formale wissenschaftliche Ausbildung teilnehmen können. Dies kann jedoch die wissenschaftliche Aussagekraft oder Genauigkeit der Ergebnisse beeinträchtigen. Um dennoch verlässliche Ergebnisse zu gewährleisten, müssen die vereinfachten Methoden mit etablierten wissenschaftlichen Verfahren verglichen und validiert werden (Au et al., 2000; Fore et al., 2001). Standardisierte und getestete Methoden sind entscheidend, um die Datenqualität und -vergleichbarkeit in Citizen Science-Projekten zu verbessern (Kelling et al., 2019). Pocock et al. (2023) unterstreichen zudem die Bedeutung der Verfeinerung von Citizen Science-Methoden, insbesondere durch Simulationen, bei denen die tatsächlichen Daten eines (Test)Gebietes bekannt sind, um die Zuverlässigkeit und Genauigkeit von Citizen Scientist-Daten zu verbessern.

Vor diesem Hintergrund zielt die vorliegende Arbeit darauf ab, die Eignung und die Aussagekraft von Citizen Science-Methoden für die Bewertung eines Feuchtgebietes zu untersuchen. Dabei werden die Genauigkeit und die Zuverlässigkeit der erhobenen Citizen Science-Daten bewertet, potenzielle Datenqualitätsprobleme identifiziert und Handlungsempfehlungen zur Optimierung der Citizen Science-Methoden in diesem Kontext formuliert.

Hierfür wurde mithilfe von 20 freiwilligen Personen eine Citizen Science Datenerhebung simuliert, bei der Aufgaben mit unterschiedlichen Anforderungen an die Fähigkeiten der Personen und die Genauigkeit bei der Datenerfassung gestellt wurden, um die daraus resultierenden Ergebnisse mit denen einer präzisen wissenschaftlichen Methode zu vergleichen.

Die drei Qualitätsindikatoren – Wasserqualität, Libellen und Ufergehölze – wurden speziell ausgewählt, um ein breites Spektrum an Fähigkeiten und Genauigkeitsgraden bei der Datenerhebung abzudecken. Die Wasserqualität zielt darauf, ab die Messgenauigkeit chemischer Parameter und die Anwendung von Testkits bzw. Messgeräten durch Laien zu untersuchen. Wasserproben sind einfach zu sammeln, die Qualität der Ergebnisse ist jedoch in der Regel abhängig von der Art der Testkits (einfache Teststreifen, Tropfentests oder elektronische Messgeräte) sowie vom Training der anwendenden Personen. Bei der Beobachtung von Libellen liegt der Fokus auf der Überprüfung der Methodik, wenn Personen mit nur begrenzten Artenkenntnissen versuchen, bewegliche Ziele zu

erfassen und zu bestimmen. Diese Aufgabe ist anspruchsvoll und erfordert normalerweise viel Übung, da Libellen sehr mobil sind, nicht bei jedem Wetter beobachtet werden können und Artenkenntnisse notwendig sind. Spezielles Equipment ist bei dieser Aufgabe hingegen keines notwendig. Die Erfassung von Ufergehölzen dient dazu, die Kompetenz der Teilnehmenden im Umgang mit etablierten Hilfsmitteln, wie Pflanzenbestimmungs-Apps, zu testen. Diese Aufgabe ist vergleichsweise einfach, da Bäume unbeweglich sind und keine spezielle Ausrüstung oder intensives Training erfordern.

Folgende Forschungsfragen werden beantwortet:

- ➔ **1.** Inwieweit können die Ergebnisse, die durch die verschiedenen Citizen Science-Methoden zur Bewertung von Feuchtgebieten erhoben wurden, ...
  - **1.1** ...mit den wissenschaftlichen Datenerhebungen verglichen und validiert werden?
  - **1.2** ...Aussagen über den Zustand des Ökosystems geben?
- ➔ **2.** Welche spezifischen Merkmale und Anforderungen sollten bei der Erstellung und Anwendung von Citizen Science Methoden für die Bewertung der drei Qualitätsindikatoren berücksichtigt werden?

Basierend auf diesen Forschungsfragen wurden weiters Hypothesen erstellt, die im Rahmen der Untersuchung überprüft werden:

- ➔ **H1:** Die durch Citizen Science-Methoden erhobenen Daten weisen eine hohe Übereinstimmung mit den wissenschaftlich erhobenen Daten auf:
  - **H1.1:** Die verwendeten Testkits können den Zustand der Wasserqualität ausreichend beschreiben
  - **H1.2:** Mit den Citizen Science-Methoden kann eine Artenvielfalt von Libellen im Untersuchungsgebiet festgestellt werden
  - **H1.3:** Durch die Citizen Science-Methoden können insgesamt über 80% der im Untersuchungsgebiet vorkommenden Gehölzarten ermittelt werden.

Für jeden Qualitätsindikator werden folgende Hypothesen getestet:

- ➔ **H2:** Die Citizen Science Daten zeigen eine hohe innere Konsistenz und sind in sich stimmig
- ➔ **H3:** Die Citizen Science Daten können spezifische Trends und Muster erkennen
- ➔ **H4:** Die gewählten Qualitätsindikatoren ermöglichen zuverlässige Aussagen über den Zustand des gewählten Feuchtgebietes und eignen sich für Citizen Science

## 2 Material und Methode

### 2.1 Testgebiet

Als Testgebiet wurde das Gebiet „Hufeisen Sierndorf“ in der Nähe von Sierndorf an der March gewählt (Abbildung 1), welches im Ramsarschutzgebiet March-Thaya-Donau-Auen liegt und sich durch ein restrukturiertes, kleinräumiges Altarmsystem mit verschiedenen Auenhabitaten auszeichnet. Die Wahl fiel auf diesen Ort, da die Fläche sich im Besitz der Republik Österreich befindet, was den Vorteil bot, dass für die Durchführung der Studie keine zusätzlichen Absprachen mit privaten Grundstückseigentümern notwendig

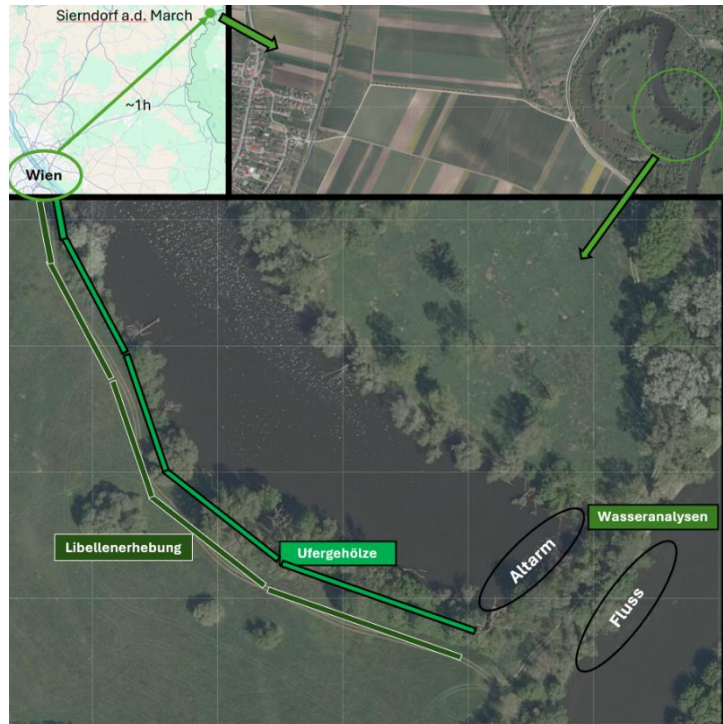


Abbildung 1 Karte mit der Position des Testgebiets und den Orten der verschiedenen Untersuchungen (geändert nach geoland.at, 2025).

waren und somit ein ungehinderter Zugang gewährleistet war. Zudem umfasst der Ort einen Altarm der March und den Fluss March selbst. Das Gebiet ist außerdem sowohl mit dem Auto, Zug als auch mit dem Rad erreichbar.

Der Ort wird nicht stark von Menschen besucht, während des Untersuchungszeitraums wurden nur selten andere Personen beobachtet. Vereinzelt wurden kleine Gruppen gesichtet, die mit Kajaks den Fluss befuhren. Innerhalb der Fläche des Hufeisens entlang des Altarms wurde in Abständen eine Mahd durchgeführt. Einzelne Fischerhütten sind im Gebiet vorhanden. Außerhalb des Testgebiets wird die Fläche überwiegend landwirtschaftlich genutzt.

Der Uferbereich des Altarms ist überwiegend flach, jedoch treten auf der Seite des Hufeisens Abbruchkanten auf. Während der Vegetationsperiode sind die meisten Bereiche am Ufer durch Vegetation stark bewachsen. Beide Gewässer sind jedoch an bestimmten Stellen über ihre Uferländer



Abbildung 2 Kleiner Weg, der den Zugang zum Flusssufer ermöglicht.



Abbildung 3 Uferbereich des Altarms.

zugänglich (Abbildung 2). Der Uferbereich der March ist im Bereich des Testgebietes durch Blockwurf stabilisiert (Abbildung 4).



Abbildung 4 Uferbereich des Flusses.

## 2.2 Untersuchungsdesign

In dieser Untersuchung wurden zwei unterschiedliche Methoden angewendet. Mit genauen Methoden, d.h. wissenschaftlichen, standardisierten Untersuchungen (Laborproben, Transektmethode), wurden die drei Qualitätsindikatoren - Wasserqualität, Libellen und Ufergehölze - untersucht. Parallel dazu erhoben Citizen Scientists Daten zu denselben Qualitätsindikatoren mit vereinfachten Methoden. Hierfür wurden Protokolle für die drei ausgewählten Qualitätsindikatoren entwickelt bzw. Methoden aus bestehenden Citizen Science-Projekten<sup>1</sup> adaptiert.

Die Durchführung fand im Zeitraum zwischen Mitte August 2024 (Erste Erhebung 15.8.24) bis Anfang November 2024 (Letzte Erhebung 3.11.24) statt (Abbildung 5). Im Zeitraum vom 12. bis 20. September kam es in ganz Österreich zu einem starken Hochwasserereignis (BMLUK, o.D.). Während dieses Zeitraums wurden keine Testungen durchgeführt. Die Mehrheit der Versuche erfolgte nach dem Ereignis.

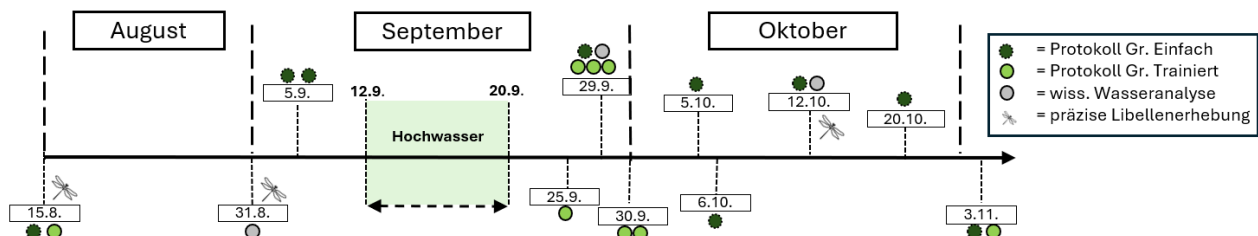


Abbildung 5 Zeitskala des gesamten Untersuchungszeitraums im Jahr 2024 mit Markierung der Zeitpunkte, an denen Versuche durchgeführt wurden sowie der Zeitraum des Hochwassers.

<sup>1</sup> Fresh Water Watch, Viel Falter, Hummel-Monitoring Österreich, Europäischen Tagfalter-Monitoring Programm, naturbeobachtung.at



## 2.3 Wissenschaftliche Erhebung

### 2.3.1 Wasserqualität

Für die Analyse der Wasserqualität wurden Nährstoffe (Phosphat & Nitrat), photosynthetische Aktivität, Leitfähigkeit und gelöster Sauerstoff herangezogen. Alle Wasserproben wurden im selben Bereich, in dem auch die Citizen Scientists ihre Versuche durchführten, entnommen. Aufgrund des Hochwassers wurden Daten jeweils vor (31.8.24) und nach (29.9.24 & 12.10.24) dem Ereignis erhoben.

Für die Analyse der Nährstoffe wurden Wasserproben am 31.8.24 und 29.9.24 entnommen. Die Proben wurden vor Ort mit 0,75 µm Glasfaserfilter filtriert und anschließend im Labor am Wasser Cluster Lunz auf ihren N- und P- Gehalt mittels Continuous Flow Analyser analysiert.

Die photosynthetische Aktivität wurde mittels *AquaPen-C AP 110-C* ermittelt. Dafür wurden 2 ml Probenwasser in die Küvette gefüllt. Unter Dunkelheit wurde mit blauem LED (455nm) und rotem LED (630nm) die Ft – instantaneous chlorophyll fluorescence gemessen. Die Chlorophyll-a Konzentration (y) (µg/L) wurde dann über die Formel  $y = 0.0406 * (FT \sim WERT) - 5.5983$  berechnet.

Mittels einem *Multi Meter HQ4300* Messgerät wurden die Leitfähigkeit und der gelöste Sauerstoff an drei verschiedenen Tagen (15.8., 31.8. & 12.10.24) im Fluss und im Altarm ermittelt.

### 2.3.2 Libellen

Die Libellen wurden mittels der Transektmethode, angelehnt an die Erhebung von Tagfaltern nach Pollard 1977 und wie im europäischen Tagfalter Monitoring angewandt (eBMS, o.D.), im Testgebiet erhoben. Das Transekt umfasste die ganze Länge des Testgebietes (Abbildung 25). Zu Beginn wurden die Uhrzeit, die Windstärke und die Temperatur ermittelt und dann das Transekt im langsamen Schrittempo von Süden nach Norden abgegangen. Die Libellen wurden nicht gefangen, sondern mit einer Kamera (Canon EOS 1100D) fotografiert. Der Einsatz eines Tele-Zoom-Objektivs (Canon EF-S 55-250mm) ermöglichte es, die Tiere in den meisten Fällen aus ausreichender Entfernung in ihrem Ruhezustand zu fotografieren. Im Falle eines Vorbeifluges wurden die Merkmale bestmöglich festgehalten. In den meisten Fällen war es aber möglich, die Libelle entweder direkt im Ruhezustand zu fotografieren oder zu verfolgen und dann zu fotografieren. Die Erhebung wurde an drei Tagen (15.8., 31.8. & 12.10.24) durchgeführt. Die Libellen wurden anhand ihrer Fotos mithilfe von Bestimmungsbüchern (Raab et al., 2007, Dijkstra et al. 2021, Bellmann und Helb, 2022) im Nachgang identifiziert. Eine zusätzliche Validation der Artenbestimmung durch einen Experten wurde auf der

Plattform naturbeobachtung.at eingeholt. Fotonachweise der vorgefundenen Arten befinden sich in Anhang B: Liste der Taxa – Libellen.

### 2.3.3 Ufergehölze

Alle Gehölze im Testgebiet wurden auf Gattungsebene und, wenn möglich, auf Artenniveau bestimmt. Dabei wurden alle holzigen Pflanzen berücksichtigt, die zwei zuvor festgelegte Kriterien erfüllten: Erstens mussten die Gehölze mindestens größer als eine durchschnittliche Person ( $\sim > 1,70$  m) sein und zweitens musste der Stammdurchmesser auf Brusthöhe mindestens so groß sein, dass er nicht mit Daumen und Zeigefinger derselben Hand umschlossen werden konnte. Vor Ort wurde, wenn möglich, von jedem Individuum ein Foto von der Blattvorder- und -rückseite aufgenommen und die Position auf der Karte des Testgebietes eingetragen. Die Gehölze wurden dann im Nachgang anhand deren Fotos mithilfe der Bestimmungsbücher (Coombes, 2012 und Spohn und Spohn 2022) identifiziert. Fotonachweise der vorkommenden Gehölze befinden sich in Anhang C: Liste der Taxa - Gehölze.

## 2.4 Citizen Science Erhebung

Es wurden vorab Schritt-für-Schritt Anleitungen für die drei Qualitätsindikatoren ausgearbeitet (Anhang A: Unterlagen der Citizen Scientists). Zusätzlich wurden 2 Gruppen erstellt - Gruppe „Einfach“ und Gruppe „Trainiert“. Gruppe „Einfach“ hatte einfachere Methoden und Testkits, und bekam keine mündliche Einführung zu den Materialien und Aufgaben, d.h. diese Personen hatten hauptsächlich die Anleitungen als Einschulung. Unter „einfachere Aufgaben“ sind weniger Arbeitsschritte und leichter anwendbare Testkits zu verstehen (eine genauere Erklärung der Aufgaben und den Testkits befindet sich in den nachfolgenden Abschnitten zu den Qualitätsindikatoren). Die Aufgaben und Testkits der Gruppe „Trainiert“ waren mit mehr Aufwand verbunden. Diese Personen bekamen zusätzlich eine kurze mündliche Erklärung zu den Materialien und Aufgaben.

Für die Wahl der Freiwilligen gab es keine Kriterien. Es stellten sich Freunde, Familie und Bekannte für den Versuch zu Verfügung. Für die Testung der Citizen Science Methoden nahmen insgesamt 20 Personen teil. Alle der 20 Personen haben einen akademischen Hintergrund. 12 Personen waren der Gruppe „Einfach“ zugeteilt, 8 Personen der Gruppe „Trainiert“. Die Zuteilung erfolgte dabei zufällig bzw. je nach Verfügbarkeit der Materialien. Einige Testpersonen führten die Aufgaben gemeinsam vor Ort durch, sodass am Ende insgesamt 15 Protokolle erstellt wurden (davon 8 „Einfach“ und 7 „Trainiert“).

**Gruppe „Einfach“:** Für die Nitratanalyse wurde das kolorimetrische Testbestecke von *visocolor ECO*<sup>2</sup> eingesetzt, für die Phosphatanalyse das



14



kolometrische Testbesteck von *Aquaquant*<sup>3</sup>. Das Probewasser wird zunächst mit einem Kaffeefilterpapier filtriert. Anschließend werden dem Probewasser Chemikalien zugefügt, um mit dem jeweiligen Nährstoff einen Farbkomplex zu erzeugen. Durch den Abgleich mit der Farbskala des jeweiligen Testkits können die Citizen Scientists die enthaltenen Mengen von NO<sub>3</sub> und PO<sub>4</sub> der Gewässer ermitteln. Die Ermittlung der Sauerstoffkonzentration war für diese Gruppe nicht vorgesehen, um die Versuchszeit für die Wasserqualität kürzer zu halten.

**Gruppe „Trainiert“:** Für die Analyse von Nitrat und Phosphat wurde das Photometer Messgerät *Söll Aqua Check* verwendet. Auch hier wird zunächst das Probewasser in einem Kaffeefilter filtriert und zwei Proben erstellt. Eine Probe dient als Referenz, während die andere mit Chemikalien versetzt wird, die mit den Zielstoffen eine Farbreaktion eingeht. Das Messgerät sendet Lichtstrahlen definierter Wellenlängen durch die gefärbten Wasserproben. Anhand der Änderung der Lichtintensität wird die Konzentration des gesuchten Parameters ermittelt, welche die Citizen Scientist vom Display ablesen. Für die Ermittlung des gelösten Sauerstoffes im Wasser wurde das titrimetrische Testbesteck von *Salifert*<sup>4</sup> eingesetzt. Bei dieser Methode wird der Sauerstoff in der Wasserprobe zunächst durch Zugabe von Chemikalien chemisch gebunden. Anschließend entsteht durch weitere Reaktionen eine Ablagerung. Durch eine Titration, bei der eine Lösung mit bekannter Konzentration zugegeben wird, wird die genaue Menge des Sauerstoffs in der Probe ermittelt.

Die Anleitungen gaben vor, dass sowohl zwischen als auch nach den verschiedenen Tests die Behältnisse immer mit destilliertem Wasser ausgewaschen werden sollten. Alle Aufgaben waren grundsätzlich vor Ort durchzuführen. Einige Probandinnen nahmen Wasserproben mit nach Hause und führten die Tests dort zeitnah durch.

## 2.4.2 Libellen

Die Libellenerhebung wurde entlang des Ufers am Altarm im vorgegebenen Areal durchgeführt (Abbildung 25). Die Aufgabe der Citizen Scientists für diesen Indikator lag grundsätzlich darin, Libellen zu zählen und gleichzeitig bestmöglich zu bestimmen. Sofern möglich sollten die Beobachtungen auch fotografiert werden. Das Formular war dabei so aufgebaut, dass einzelne Merkmale dokumentiert wurden (Farbe, Größe, Striche...) und damit mittels Ausschlussverfahren die Familie, die Gattung oder sogar die Art bestimmt werden konnten. Die Anleitungen enthielten zudem QR-Codes, die auf Websites<sup>5</sup> mit Bestimmungshilfen und weiterführenden Informationen verlinkten.

---

<sup>3</sup> Merck Aquaquant Phosphat Test 0,015-0,14 mg/l

<sup>4</sup> Salifert Profi Test O<sub>2</sub> Sauerstoff

<sup>5</sup> <https://libellenwissen.de/artenliste/libellenarten-oesterreich/>; <https://www.bund-naturschutz.de/tiere-in-bayern/libellen/steckbriefe/>; <https://www.libellen.tv/libellen-farben.html>

Die Aufgaben der beiden Gruppen unterschieden sich wie folgt:

**Gruppe „Einfach“:** Die Personen konnten sich bei der Suche nach Libellen im markierten Areal frei bewegen (kein Anlegen eines Transekts) und hatte auch keine Zeitvorgabe, d.h. die Dauer der Suche konnte frei gewählt werden. Diese Vorgehensweise sollte eine zufällige Artenbeobachtung simulieren.

**Gruppe „Trainiert“:** Die Personen hatten die Vorgabe, ein Transekt von etwa 100m anzulegen. Auch die Zeit war mit ca. 15min je Transekt vorgegeben. Es konnten mehrere Transekte angelegt werden. Die Transekte sollten in der Karte eingetragen werden. Außerdem sollte diese Gruppe die Beobachtungen genauer bestimmen (Gattungs oder sogar Artenniveau). Daher wurde neben den Online-Bestimmungshilfen (QR-Codes) noch zusätzlich eine Liste mit ausgewählten Libellenarten, welche im Zeitraum Ende Sommer bis Herbst in diesem Gebiet vorkommen hätten können, bereitgestellt. Diese Vorgehensweise lehnte sich an bestehenden Citizen Science Projekten<sup>6</sup> zu anderen Artengruppen an.

Neben Anleitung, Formular und Smartphone waren keine weiteren Materialien notwendig. Die Bestimmung anhand der Merkmale oder ggf. den Fotos war auch im Nachgang möglich.

### 2.4.3 Ufergehölze

Die Erhebung der Ufergehölze wurde entlang des Ufers am Altarm im vorgegebenen Areal durchgeführt (Abbildung 26). Die Aufgabe dabei war, verschiedene Arten von Gehölzen zu identifizieren und die Individuen auf der Karte zu lokalisieren. Die Identifikation konnte mittels der Pflanzensbestimmungsass *Flora Incognita* durchgeführt werden. Diese war optional, der Einsatz von anderen Apps oder sonstigen Mitteln war ebenfalls möglich. Damit keine Unklarheiten bezüglich der Definition von Gehölzen bestanden und um die Vergleichbarkeit mit der wissenschaftlichen Methode zu gewährleisten, galten auch hier die zwei Kriterien: Gehölze mindestens größer als eine durchschnittliche Person ( $\sim > 1,70$  m) und Stammdurchmesser auf Brusthöhe mindestens so groß, dass dieser nicht mit Daumen und Zeigefinger derselben Hand umschlossen werden kann. Die beiden Gruppen unterschieden sich in ihren Aufgaben folgendermaßen:

**Gruppe „Einfach“:** Die Citizen Scientists konnten frei wählen, in welchem Bereich des Testgebietes sie Arten bestimmen, d.h. sie waren weder an ein Transekt gebunden noch an eine Zeitvorgabe. Es sollten mindestens drei Arten richtig identifiziert werden. Sobald die erste Art ermittelt war, sollten

---

<sup>6</sup> Schmetterlings-Monitoring von Vielfalter.at; Hummelmonitoring des Projekts "Erfassung der Wildbienen in Österreich"

mindestens fünf weitere Individuen dieser Art in der Karte lokalisiert werden. Anschließend sollte ein Ranking nach Häufigkeit der drei gewählten Arten durchgeführt werden.

**Gruppe „Trainiert“:** Diese Gruppe musste entlang einer Linie von etwa 20 Schritten alle Gehölze (Berücksichtigung der Kriterien), welche zwischen Weg und Uferrand vorkommen, identifizieren und in der Karte markieren.

Beide Gruppen sollten nach der Erhebung die ökologischen Zeigerwerte ihrer gefundenen Arten ermitteln<sup>7</sup> und ins Formular eintragen. Neben Anleitung, Karte, Formular und App hatten beide Gruppen noch eine Liste mit möglichen vorkommenden Arten im Gebiet dabei.

## 2.5 Auswertung

Einzelne Protokolle wurden von den Teilnehmenden manchmal unvollständig ausgefüllt, daher liegen für die beiden Standorte (Fluss und Altarm) nicht immer dieselbe Anzahl an Beobachtungen für bestimmte Aufgaben vor. Bei den qualitativen Beschreibungen der Citizen Scientists wurden daher die Beobachtungen in Abbildung 19 und Abbildung 20 als Prozentsätze dargestellt. Die relative Darstellung wurde in diesem Fall gewählt, um die Ergebnisse trotz unvollständig ausgefüllter Kategorien vergleichbar zu machen.

Bei der Bestimmung von Wasserfarbe und Geruch kam es vor, dass Teilnehmende nicht nur eine einzelne Farbe bzw. Geruch angaben, sondern auch Eigenschaften kombinierten (z. B. „braun-grün“ oder „hell/mittel“). In solchen Fällen wurde die Nennung gleichmäßig auf beide Kategorien aufgeteilt, sodass jede mit 0,5 gewichtet wurde.

Für die Darstellung der Wassertrübheit (Abbildung 12 & Abbildung 13) wurden die Daten der Citizen Scientists zusammengefasst, da die Aufgabe für beide Gruppen identisch war. Der niedrigste messbare Wert lag bei 14, d.h. Werte mit „<14“ bedeuten, dass die Secchi Disk weiterhin zu sehen war und daher der NTU-Wert unter 14 lag.

Einzelne Nährstoffanalysen wurden von den Teilnehmenden erst zuhause durchgeführt, daher wurde zusätzlich ein Vergleichstest durchgeführt, um zu evaluieren, ob die Messungen vor Ort (direkt nach der Probenentnahme) Unterschiede zu den Analysen zuhause (einige Stunden später) sowie zu den Laboranalysen (gekühlt und mehrere Tage später) aufweisen (Tabelle 2). Dafür wurde eine Wasserprobe (ein Eimer mit demselben Wasser) sowohl vor Ort als auch zuhause mit dem Testkit der Gruppe „Trainiert“ analysiert. Dieselbe Wasserprobe wurde auch im Labor auf  $\text{NO}_3$  und  $\text{PO}_4$

---

<sup>7</sup> Über <https://statedv.boku.ac.at/zeigerwerte/>

analysiert. Dieser Vergleichstest wurde an beiden Standorten durchgeführt, also jeweils mit einer identischen Wasserprobe aus jeweils Altarm und Fluss.

Ein weiterer Vergleichstest wurde mit zwei unterschiedlichen O<sub>2</sub>-Testkits durchgeführt, um deren Genauigkeit zu überprüfen. Dazu wurde der gelöste Sauerstoffgehalt derselben Wasserprobe mit beiden Testkits gemessen. Die Ergebnisse sind in Kapitel 3.1.7 angeführt.

Der Feuchteindikator in Tabelle 7 berechnet sich aus dem gewichteten Mittelwert. Folgende Formel wurde angewendet:

$$Feuchteindikator = \frac{\sum (Feuchtezahl\ Art_x * Anzahl\ Individuen\ Art_x)}{\sum Individuen\ aller\ Arten}$$

Die Feuchtezahlen basieren auf den ökologischen Zeigerwerten für die Feuchtebedingungen eines Standortes nach Ellenberg et al. (1992). Arten mit indifferenter Feuchtezahl wurden bei der Berechnung der Feuchteindikatoren nicht berücksichtigt, da diesen Arten nach Ellenberg et al. (1992) kein eindeutiger Wert zugeordnet wird. Der prozentuale Anteil der Individuen mit indifferenter Feuchtezahl wurde separat ausgewiesen. In der Spalte „mit Fehler“ in Tabelle 7 werden alle von den Citizen Scientists angegebenen Arten in die Berechnung einbezogen, inklusive fehlerhafte Angaben wie falsch bestimmte oder nicht vorkommende Arten. Die Spalte „ohne Fehler“ zeigt hingegen den Feuchteindikator nur mit korrekt bestimmten Arten. Dies dient dazu, die Auswirkungen von Fehlern der Citizen Scientists auf die Berechnung des Feuchteindikators zu analysieren.

Die Positionen der Ufergehölze sowie der Wegverlauf der Libellenerhebung, die von den Citizen Scientists dokumentiert wurden, basieren auf den in den Protokollen angegebenen GPS-Daten. Diese Daten wurden zunächst mit Google Maps lokalisiert und anschließend auf die zuvor erstellte Karte von geoland.at (2025) (Abbildung 25 & Abbildung 26) übertragen. Dabei handelt es sich um eine ungefähre Positionierung, da die exakten Standorte bei der Übertragung abgeschätzt wurden.

Das Feedback der Teilnehmenden wurde qualitativ ausgewertet, indem basierend auf den gestellten Fragen (Anhang A: Unterlagen der Citizen Scientists) vier Kategorien definiert wurden. Die Rückmeldungen wurden entsprechend ihrem Bezug einer dieser Kategorien zugeordnet und weiter differenziert, ob sie allgemeine Anmerkungen enthielten oder sich spezifisch auf eine der drei Anleitungen bezogen (siehe Tabelle 8). Rückmeldungen, die keiner Kategorie zugeordnet werden konnten, wurden im Fließtext in Kapitel 3.4 zusammengefasst.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Wasserqualität

#### 3.1.1 Farbe & Geruch

Die Chlorophyll-a-Konzentrationen zeigen sowohl zwischen dem Altarm und dem Fluss als auch über die Zeit Unterschiede (Tabelle 1). Im Altarm unterscheiden sich die Chlorophyll-a-Konzentrationen im August (14,50 µg/L & 22,13 µg/L) stark von dem Wert im Oktober von 90,91 µg/L. Dieser Wert ist nicht nur wesentlich höher als die vorherigen Messungen im Altarm, sondern auch im Vergleich zum Fluss, wo am selben Tag eine Konzentration von 8,98 µg/L gemessen wurde. Die Chlorophyll-a-Konzentrationen im Fluss liegen insgesamt in einem engeren und niedrigeren Bereich von etwa 7–19 µg/L was auf mesotrophe Verhältnisse hindeutet. Die Chlorophyll-a-Konzentrationen im Altarm sind mit 14,5 µg/L und 22,13 µg/L etwas höher als im Fluss, was auf etwas höhere trophische Bedingungen schließen lässt. Der Wert von 90 µg/L hingegen deutet auf eutrophe Bedingungen hin.

Die Leitfähigkeitswerte zeigen Unterschiede zwischen dem Altarm und dem Fluss sowie kleine zeitliche Schwankungen (Tabelle 1). Die Leitfähigkeit im Altarm liegen in einem Bereich von 724 – 756 µS/cm, die Werte vom Fluss liegen dazu im Vergleich in einem niedrigeren Bereich von 550 – 608 µS/cm.

*Tabelle 1 Chlorophyll-a-Konzentrationen [µg/L] und Leitfähigkeit [µS/cm] im **Altarm** und **Fluss**, erhoben an drei Messzeitpunkten mittels wissenschaftlicher Methode.*

Datum	Uhrzeit	Chlorophyll-a Konzentration [µg/L]		Leitfähigkeit [uS/cm]	
		Altarm	Fluss	Altarm	Fluss
15.8.2024	16:00	14,50	19,09	754	550
31.8.2024	14:00	22,13	7,47	756	608
12.10.2024	14:00	90,91	8,98	724	577

Am Altarm nannten die Citizen Scientists ausschließlich die Farben Braun und Grün sowie die Helligkeitsstufen Hell und Medium (Abbildung 9). Die Farbe „Hell Braun“ wurde am häufigsten beobachtet und trat über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg auf. Besonders im Oktober wurden ausschließlich braune Wasserproben dokumentiert. Die Farbe Braun wurde zudem zu allen Tageszeiten beobachtet (12:00 – 17:45 Uhr). Die Farbe Grün wurde vereinzelt Anfang und Ende September genannt, insbesondere in den Tagen kurz nach dem Hochwasserereignis am 25. und 29. September sowie einmal am Ende des Untersuchungszeitraums (3. November). Grün trat ebenfalls zu verschiedenen Tageszeiten auf (12:15 – 18:00 Uhr). Am 29. September kamen sogar zwei verschiedene Farben und Helligkeitsstufen am selben Tag vor: zwei Beobachtungen wurden um 15:00 Uhr als „Hell Grün“ dokumentiert, während gegen 17:30 Uhr die Farben „Hell Braun“ und

„Medium Braun“ beobachtet wurden. Die Helligkeitsstufe Medium wurde insgesamt 2,5-mal beobachtet, jedoch nur vereinzelt und mit größeren zeitlichen Abständen von einer bis mehrere Wochen. Diese Helligkeitsstufe wurde zu unterschiedlichen Tageszeiten dokumentiert (1,5-mal 13 & 14 Uhr und 1-mal 17:45). Die Citizen Scientists nahmen im Altarm meist eine leichte Färbung wahr, selbst als die Chlorophyll-a-Konzentrationen im Oktober sehr hoch waren - nur vereinzelt wurde in den Wochen davor und danach eine stärkere Färbung beobachtet. Am 5. September und 5. Oktober wurden von einzelnen Personen Mischfarben und Helligkeiten wie Grün und Braun angegeben.

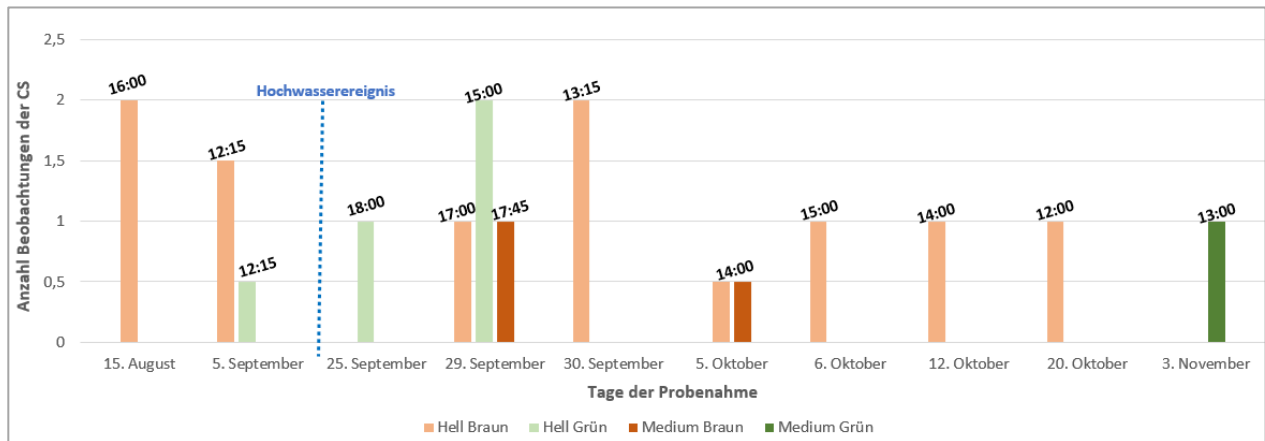


Abbildung 9 Angaben der Citizen Scientists der Gruppen „Einfach“ und „Trainiert“ zur Wasserfarbe und Helligkeit (Farbintensität) der Wasserproben am **Altarm** (n=16). Die Uhrzeiten der Probenentnahme sind oberhalb der Balken dargestellt.

Am Fluss nannten die Citizen Scientists neben den Farben Braun und Grün zusätzlich die Farbe Grau und dafür nur die Helligkeitsstufen Hell (siehe Abbildung 10). Die Farbe „Hell Braun“ wurde hier am häufigsten beobachtet und trat über fast den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg auf. Braun wurde zudem zu allen Tageszeiten beobachtet (12 – 18 Uhr). Die Farben Grau und Grün kamen nur vereinzelt vor. Grau wurde insbesondere kurz nach dem Hochwasserereignis am 29. September 2-mal beobachtet. Genauso wie am Altarm, kamen am 29. September zwei verschiedene Farben am selben Tag vor: bei zwei Testenden waren die Wasserproben um 15:00 Uhr „Hell Grau“, während gegen 17 – 17:45 Uhr zwei Personen die Farbe „Hell Braun“ notierten. Am 12. Oktober wurde von einer Person eine Mischung von zwei Farben „Braun und Grau“ angegeben.

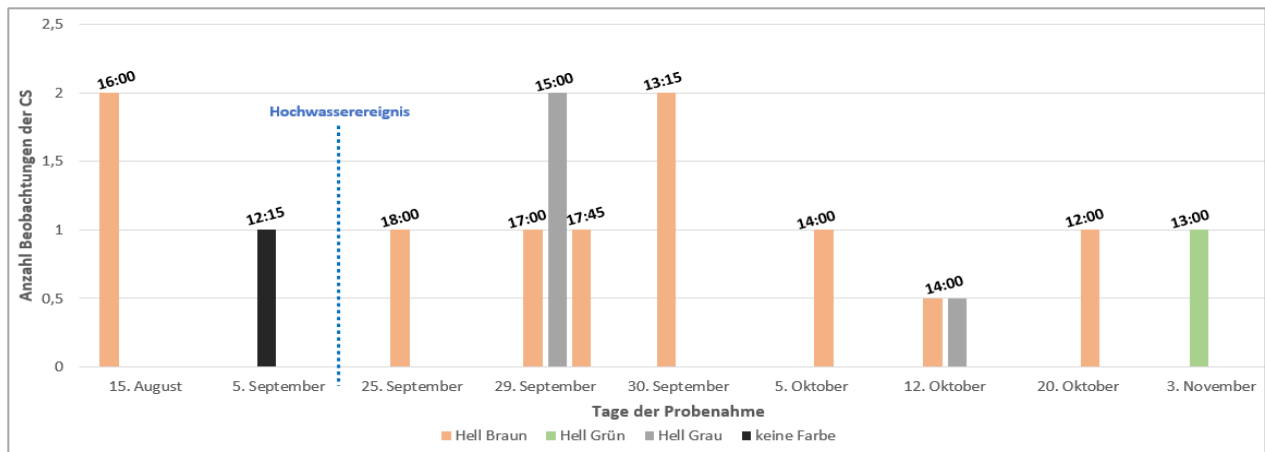


Abbildung 10 Angaben der Citizen Scientists der Gruppen „Einfach“ und „Trainiert“ zur Wasserfarbe und Helligkeit (Farbintensität) der Wasserproben am **Fluss** (n=14). Uhrzeiten der Probenentnahme sind oberhalb der Balken dargestellt.

An beiden Standorten wurde die Farbe Braun von den Teilnehmenden am häufigsten angegeben (Altarm 10-mal; Fluss 9,5-mal), ebenso wie die Helligkeitsstufe „Hell“ (insgesamt: Altarm 13,5-mal; Fluss 13-mal). Die Helligkeitsstufe „Medium“ kam nur am Altarm vor (2,5-mal). Die Helligkeitsstufe „Dunkel“ kam nie vor. Grünes Wasser wurde im Altarm häufiger beobachtet (4-mal „Hell“, 1-mal „Medium“) als im Fluss (1-mal „Hell“). Graues Wasser trat nur im Fluss auf (3-mal „Hell“), ebenso wie „Keine Farbe“ (1-mal). Die Wasserproben waren somit an beiden Standorten in den meisten Fällen „Hell“ und wiesen eine bräunliche Färbung auf. Die niedrigen Chlorophyll-a-Konzentrationen im Fluss spiegeln sich damit in den Beobachtungen der Citizen Scientists wider, da nur wenig intensive Färbungen wahrgenommen wurden.

Abbildung 11 zeigt, dass von den Citizen Scientist häufig der Geruch „erdig“ oder „kein Geruch“ angegeben wurde. Am Altarm wurde am häufigsten der Geruch „erdig“ (9-mal) festgestellt, gefolgt von „keinen Geruch“ (6-mal) und einem Einzelnen „faulig“ Geruch. Für den Fluss dominiert „kein Geruch“ (9-mal). Ansonsten wurden einzelne Gerüche wie „fischig“ (1-mal), „algig“ (2-mal) und „erdig“ (2-mal) wahrgenommen.

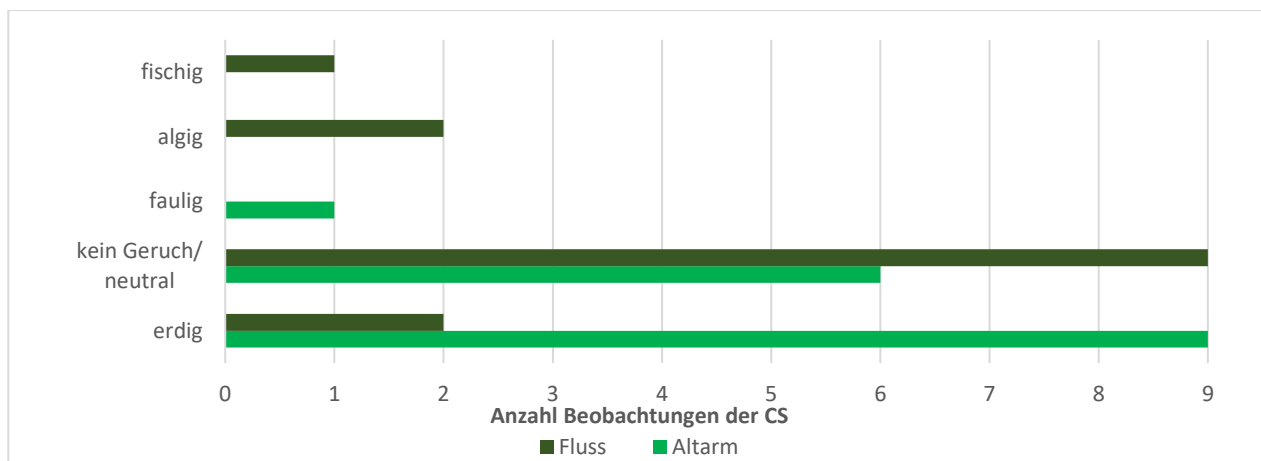


Abbildung 11 Angaben der Citizen Scientists der Gruppe „Einfach“ und „Trainiert“ zum Geruch der Wasserproben am **Altarm** (n=16) und am **Fluss** (n=14).

### 3.1.2 Wassertrübheit

Die Wassertrübheit im Altarm weist im gesamten Zeitraum eine Variabilität auf (Abbildung 12). Die Werte reichen vom kleinsten Wert von unter 14 NTU bis hin zum höchsten Wert von 50 NTU. Die höchsten NTU-Werte verteilen sich auf alle drei Tageszeiten. Der Mittelwert der Daten im gesamten Zeitraum für den Standort Altarm liegt bei 23,5 NTU. Die Daten zeigen, dass es sowohl Tage mit geringer Trübheit als auch Tage mit erhöhten Trübheitswerten gibt. Auch bei Werten für denselben Tag sind Schwankungen zu erkennen (5. September; 29. September; 30. September;), aber auch Übereinstimmungen (15. August; 3. November). Auch bei Berücksichtigung der verschiedenen Tageszeit zeigen die NTU-Werte sowohl Unterschied als auch Übereinstimmungen. An bestimmten Tagen (5. September, 29. September, 30. September) weisen die NTU-Werte trotz selber Tageszeit größere Schwankungen auf. Die vier Proben am 29. September zeigen nachmittags eine geringere Trübheit und abends eine etwas Höhere. Auch am darauffolgenden Tag (30. September) sind die NTU-Werte zur Mittagszeit ähnlich hoch wie am vorigen Abend, jedoch schwanken auch hier die zwei Proben um 10 Einheiten (NTU-Werte 38 und 28), trotz gleicher Tageszeit. Insgesamt zeigen die Daten keine klare Abhängigkeit von der Tageszeit, sondern eher allgemeine Schwankungen. Die NTU-Werte am Altarm kurz nach dem Hochwasser (29., 30. September) liegen deutlich über den Mittelwert, jedoch sind auch zwei einzelne Werte vorhanden, welche eine geringere Wassertrübheit gemessen haben (NTU-Werte <14 und 19). Die NTU-Werte vor dem Hochwasserereignis (15. August und 5. September) liegen im Vergleich zu den Daten nach dem Hochwasser unter den Mittelwert.

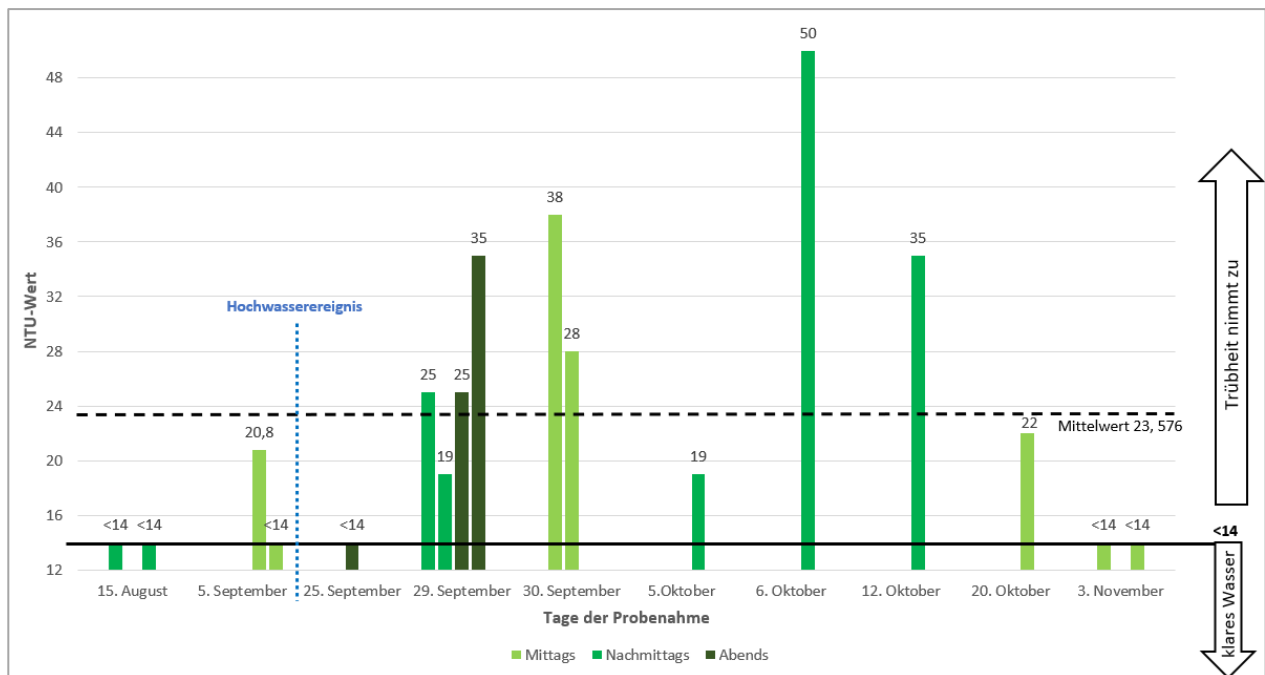


Abbildung 12 NTU-Werte der Citizen Scientists beider Gruppen (n=17) für die Trübheit am **Altarm** mit Angaben zur Tageszeit der Probeentnahme (Mittags: 11:00-13:59; Nachmittags: 14:00-16:59; Abends: ab 17:00 Uhr).



Die Werte für die Trübheit im Fluss (Abbildung 13) weisen ebenfalls eine Variabilität auf, jedoch geringer als im Vergleich mit den Werten des Altarms. Hier reichen die Werte von einem Minimum unter 14 NTU bis hin zu einem Maximum von 26 NTU. Die höchsten Werte wurden alle abends gemessen (mit Ausnahme 30. September). Im Vergleich zum Altarm liegen hier die Maximalwerte deutlich unter dem des Altarms (50 NTU). Auch der Mittelwert vom Standort Fluss liegt mit 18,1 NTU unter dem Mittelwert des Altarms von 23,5 NTU. Die Daten weisen auf Tagesschwankungen in der Trübheit hin, jedoch liegen die Daten alle näher am Mittelwert als beim Altarm ( $\sigma_{\text{Fluss}}$  3,987 NTU;  $\sigma_{\text{Altarm}}$  10,587 NTU). Auch hier gibt es Tage mit hoher Übereinstimmung der Werte (15. August; 5. September; z.T. 29. September; 3. November). Die Werte am Tag mit den meisten Messungen (29. September) weisen eine kleinere Variabilität auf als wie beim Altarm (Standardabweichung für den 29. September:  $\sigma_{\text{Fluss}}$  3,317 NTU;  $\sigma_{\text{Altarm}}$  6,633 NTU). Dieser Tag zeigt ähnlich wie am Altarm (29. September) niedrige Werte nachmittags und etwas höhere NTU-Werte abends auf. Die Daten zeigen auch hier keine klare Abhängigkeit von der Tageszeit, sondern eher allgemeine Schwankungen. Die NTU-Werte kurz nach dem Hochwasserereignis (25., 29. und 30. September) zeigen, ähnlich wie am Altarm, erhöhte Werte im Fluss im Vergleich zu den Messungen vor dem Hochwasser (15. August und 5. September) und liegen über dem Mittelwert.

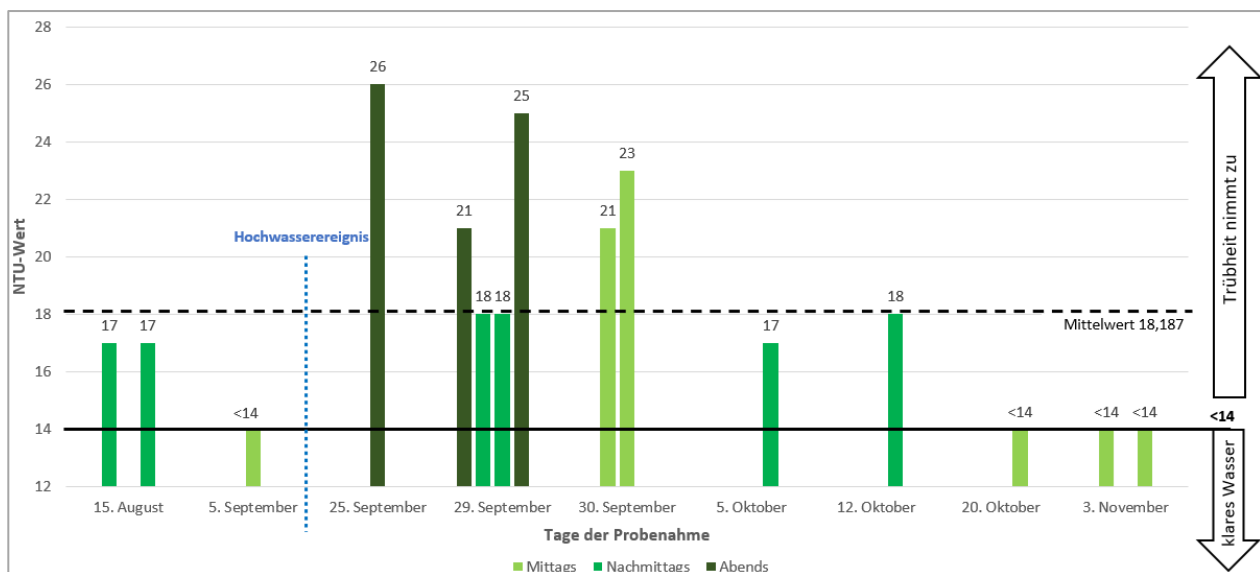


Abbildung 13 NTU-Werte der Citizen Scientists beider Gruppen (n=15) für die Trübheit am **Fluss** mit Angaben zur Tageszeit der Probeentnahme (Mittags: 11:00-13:59; Nachmittags: 14:00-16:59; Abends: ab 17:00 Uhr).

### 3.1.3 Nitratmessungen (NO<sub>3</sub>)

Die Laborproben zeigen, dass die NO<sub>3</sub>-Konzentration von vor dem Hochwasserereignis im Altarm sehr niedrig war (0,049 mg/L). Nach dem Hochwasserereignis wurde eine deutlich höhere NO<sub>3</sub>-Konzentration im Altarm gemessen (7,58mg/L).

Gruppe „Einfach“ hat im Altarm überwiegend niedrige  $\text{NO}_3$ -Konzentrationen im Bereich von 0,5mg/L – 5 mg/L gemessen, mit Ausnahme von 20 mg/L am 29. September und 50 mg/L am 20. Oktober ( $\bar{x}_{\text{ges}} = 9,5 \text{ mg/L}$ ). Letztere Wert von 50 mg/L liegt dabei weit über allen anderen gemessenen Werten im Altarm. Die Messungen der Gruppe „Einfach“ sind über den gesamten Zeitraum verteilt, mit nur einer Messung je Standort kurz nach dem Hochwasser (gilt für Altarm und Fluss).

Gruppe „Trainiert“ hat im Altarm überwiegend hohe  $\text{NO}_3$ -Konzentrationen im Bereich von <6mg/L – 24 mg/L gemessen ( $\bar{x}_{\text{ges}} = 14,13 \text{ mg/L}$ ). Bei drei Messungen konnte das Messgerät keinen genauen Wert angeben, sondern nur einen Bereich (15. August, 25. September, 30. September;  $\text{NO}_3$ -Konzentration unter 6 mg/L). Die Messungen der Gruppe „Trainiert“ konzentrieren sich überwiegend auf die Tage kurz nach dem Hochwasserereignis (gilt für Altarm und Fluss).

Abbildung 14 zeigt die Unterschiede der gemessenen  $\text{NO}_3$ -Konzentrationen am Altarm zwischen den beiden Citizen-Science-Gruppen sowie den Laborproben. Die Werte am 29. September im Altarm zeigen, dass eine Messung der Gruppe „Einfach“ und drei Messungen der Gruppe „Trainiert“ in einem ähnlichen Bereich von 16–21 mg/L  $\text{NO}_3$  liegen, während die Laborprobe einen deutlich niedrigeren Wert von 7,58 mg/L  $\text{NO}_3$  aufweist. Die Citizen Science - Werte vor dem Hochwasser sind zwar niedrig, jedoch im Vergleich mit der Laborprobe am 31. August (0,049 mg/L) deutlich darüber (<6 mg/L; 4,0 mg/L; 1,0 mg/L; 0,5 mg/L). Eine Beobachtung zwei testenden Personen am 5. September war, dass an der nahezu gleichen Stelle am Altarm die Wasserprobe genommen wurden und dennoch deutlich unterschiedliche Werte gemessen wurden (4,0 mg/L & 0,5 mg/L).

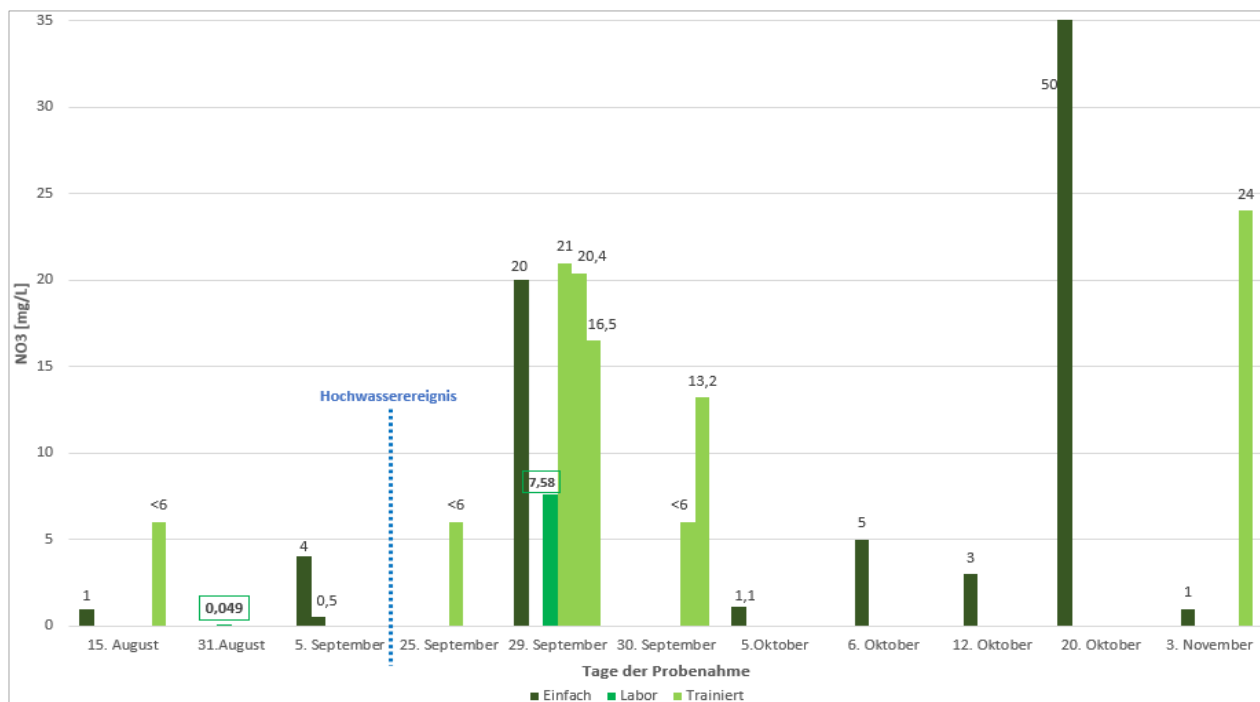


Abbildung 14 Gemessene  $\text{NO}_3$ -Konzentrationen [in mg/L] der drei Methoden (Gruppe „Einfach“ n=9; Gruppe „Trainiert“ n=8; Laborproben n=2) im **Altarm**.

Ähnlich wie im Altarm waren auch im Fluss die  $\text{NO}_3$ -Konzentration (Laborproben) vor dem Hochwasserereignis sehr niedrig (0,622 mg/L). Nach dem Hochwasserereignis wurde eine deutlich höhere  $\text{NO}_3$ -Konzentration im Fluss gemessen (14,51 mg/L). Die  $\text{NO}_3$ -Konzentrationen im Fluss waren in beiden Zeiträumen (31. August und 29. September) höher als im Altarm.

Gruppe „Einfach“ hat im Fluss überwiegend niedrige  $\text{NO}_3$ -Konzentrationen im Bereich von 1 mg/L – 10 mg/L gemessen, mit Ausnahme von 30 mg/L am 29. September und 30 mg/L am 20. Oktober ( $\bar{x}_{\text{ges}} = 12,35$  mg/L). Die beiden Werte von 30 mg/L sind die höchsten gemessenen  $\text{NO}_3$ -Konzentrationen im Fluss.

Gruppe „Trainiert“ hat im Fluss überwiegend hohe  $\text{NO}_3$ -Konzentrationen im Bereich von <6 mg/L – 24 mg/L gemessen ( $\bar{x}_{\text{ges}} = 16,87$  mg/L). Bei zwei Messungen konnte das Messgerät keinen genauen Wert angeben, sondern nur einen Bereich (15. August, 30. September;  $\text{NO}_3$ -Konzentration unter 6 mg/L).

Abbildung 15 zeigt die Unterschiede der gemessenen  $\text{NO}_3$ -Konzentrationen im Fluss zwischen den beiden Citizen Science-Gruppen sowie den Laborproben. Die Werte am 29. September im Fluss zeigen, dass eine Messung aus der Gruppe „Einfach“ (30 mg/L) und zwei Messungen (27 mg/L und 26,6 mg/L) sehr ähnlich sind, während eine weitere Messung der Gruppe „Trainiert“ (18,1 mg/L) und die Laborprobe (14,51 mg/L) darunter liegen. Die Citizen Science - Werte vor dem Hochwasser liegen auch hier im Vergleich mit der Laborprobe am 31. August (0,62 mg /L) darüber (7 mg/L; <6 mg/L; 1,0 mg/L).

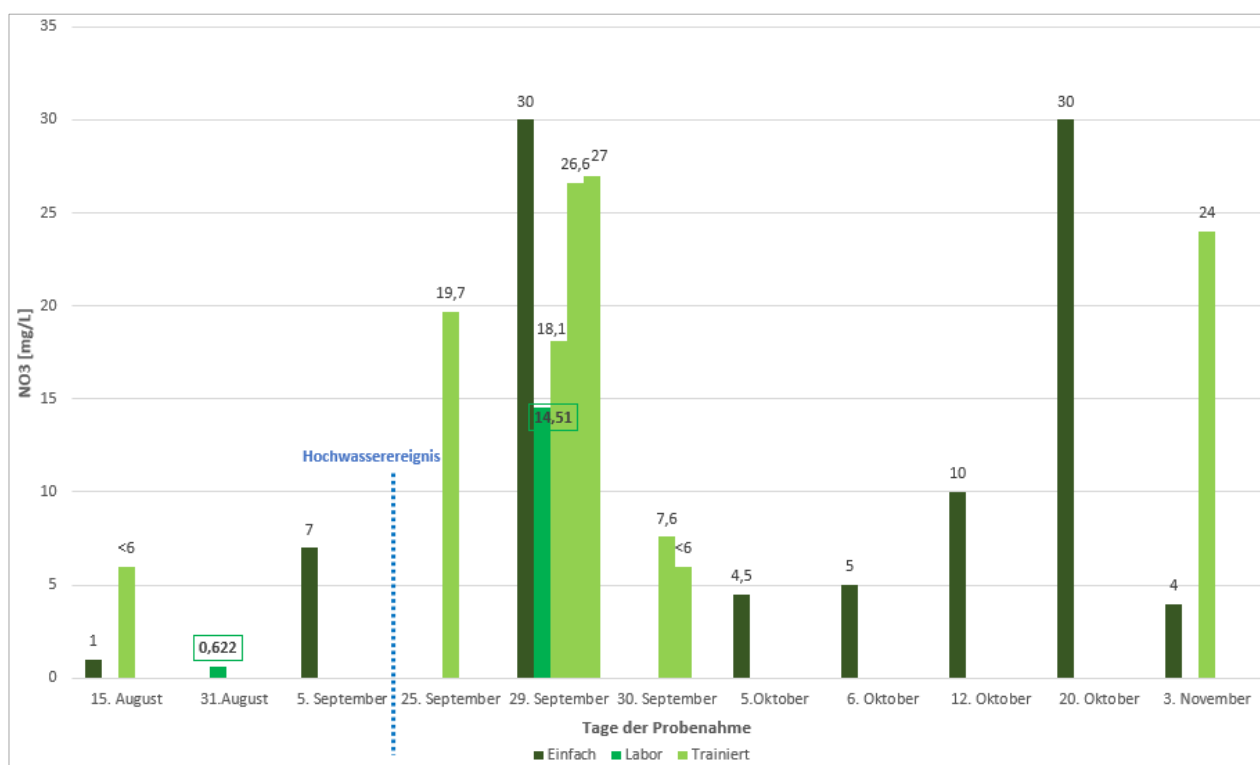


Abbildung 15 Gemessene  $\text{NO}_3$ -Konzentrationen [in mg/L] der drei Methoden (Gruppe „Einfach“ n=8; Gruppe „Trainiert“ n=8; Laborproben n=2) im **Fluss**.

Die Citizen Science-Daten zeigen deutlich höhere  $\text{NO}_3$ -Konzentrationen in den Tagen nach dem Hochwasserereignis. Insgesamt variieren die  $\text{NO}_3$ -Konzentrationen an beiden Standorten sowohl zwischen den Tagen, innerhalb eines Tages als auch zwischen den verschiedenen Messmethoden.

### 3.1.4 Phosphatmessungen ( $\text{PO}_4$ )

Die Laborproben zeigen, dass die  $\text{PO}_4$ -Konzentration vor dem Hochwasserereignis im Altarm niedrig war (0,016 mg/L). Nach dem Hochwasserereignis wurde eine deutlich höhere  $\text{PO}_4$ -Konzentration im Altarm gemessen (0,366 mg/L).

Die  $\text{PO}_4$ -Werte der Gruppe „Einfach“ sind im Altarm vergleichsweise in einem niedrigen Bereich von 0 mg/L – 0,14 mg/L ( $\bar{x}_{\text{ges}} = 0,042$  mg/L). Die Messungen der Gruppe „Einfach“ sind über den gesamten Zeitraum verteilt, mit nur einer Messung je Standort kurz nach dem Hochwasser (gilt für Altarm und Fluss).

Die  $\text{PO}_4$ -Werte der Gruppe „Trainiert“ im Altarm liegen in einem deutlich höheren Bereich von 0,23 mg/L - >1,5 mg/L, mit Ausnahme von 0,01 mg/L am 30. September ( $\bar{x}_{\text{ges}} = 0,864$  mg/L). An diesen Tag unterscheiden sich die zwei Werte zudem stark voneinander (0,01 mg/L und >1,5 mg/L) obwohl die Proben zur gleichen Tageszeit entnommen wurden. Bei drei Messungen konnte das Messgerät keinen genauen Wert angeben, sondern nur einen Bereich >1,5 mg/L (15. August, 25. September, 30. September). Die Messungen der Gruppe „Trainiert“ konzentrieren sich überwiegend auf die Tage kurz nach dem Hochwasserereignis (gilt für Altarm und Fluss).

Abbildung 16 zeigt, dass die im Altarm gemessenen  $\text{PO}_4$ -Konzentrationen sowohl zwischen den Methoden als auch innerhalb einer Methode größere Schwankungen aufweisen. Die Messungen am 29. September zeigen beispielsweise starke Unterschiede am selben Tag: zwei Messungen der Citizen Scientists (0,04 mg/L und 0,90 mg/L) weichen deutlich von der Laborprobe (0,366 mg/L) ab, während zwei weitere Messungen desselben Tages (0,49 mg/L und 0,23 mg/L) näher am Laborwert (0,366 mg/L) liegen. Im Zeitraum vor dem Hochwasser liegen die Werte von Gruppe „Einfach“ in einem niedrigen Bereich, während der Wert von Gruppe „Trainiert“ einen sehr hohen Wert bzw. einen Bereich über 1,5 mg/L aufweist.

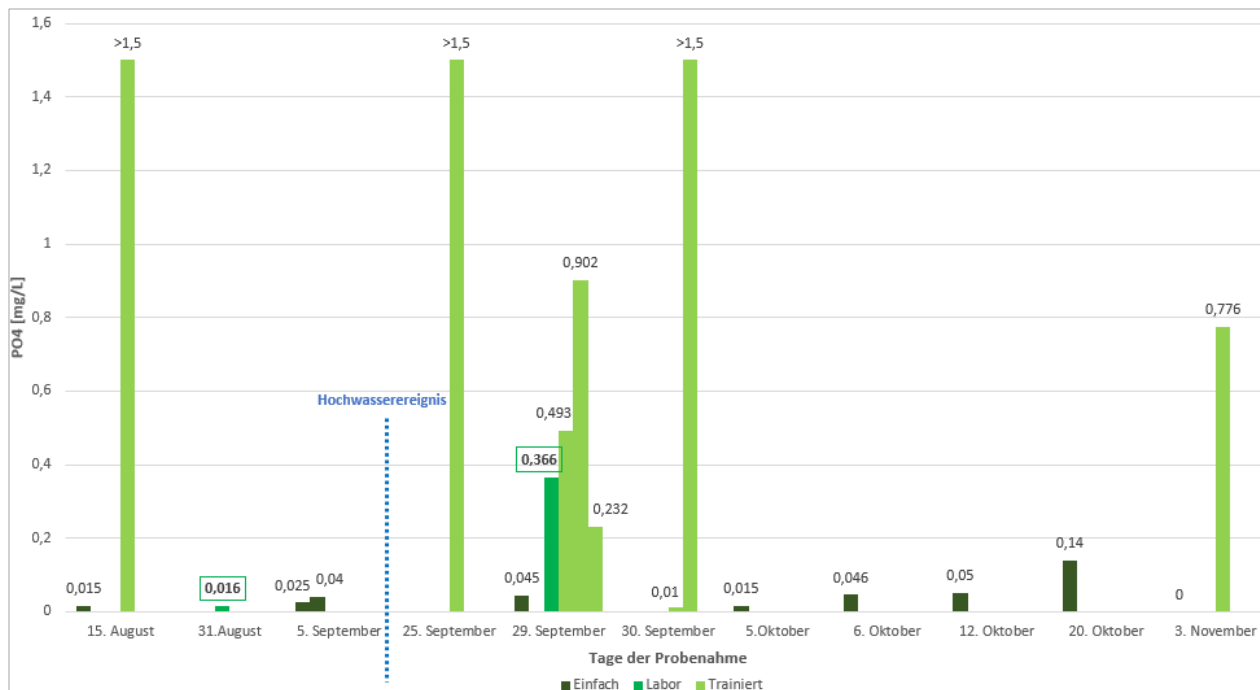


Abbildung 16 Gemessene  $PO_4$ -Konzentrationen [in mg/L] der drei Methoden (Gruppe „Einfach“  $n=9$ ; Gruppe „Trainiert“  $n=8$ ; Laborproben  $n=2$ ) im **Altarm**.

Im Gegensatz zu der  $PO_4$ -Konzentration im Altarm zeigen die Laborproben im Fluss ein anderes Muster. Vor dem Hochwasserereignis liegt die  $PO_4$ -Konzentration im Fluss mit 1,35 mg/L sehr hoch. Nach dem Hochwasserereignis liegt die Konzentration mit 0,298 mg/L zwar immer noch auf einem hohen Niveau, ist jedoch im Vergleich zum vorherigen Wert deutlich niedriger. Die  $PO_4$ -Konzentration im Fluss ist im August (1,35 mg/L) deutlich höher als im Altarm (0,016 mg/L), während im September die  $PO_4$ -Konzentration im Altarm (0,366 mg/L) etwas höher liegt als im Fluss (0,298 mg/L).

Die  $PO_4$ -Werte der Gruppe „Einfach“ sind im Fluss in einem Bereich von 0 mg/L – 0,12 mg/L, mit Ausnahme von 0,93 mg/L am 15. August und 0,6 mg/L am 5. September ( $\bar{x}_{ges} = 0,27$  mg/L). Vor dem Hochwasser wurden deutlich höhere Werte (0,93 mg/L und 0,6 mg/L) als nach dem Hochwasser (0,04 mg/L – 0,12 mg/L) gemessen. Die beiden höchsten Werte wurden durch Umrechnung einer verdünnten Wasserprobe ermittelt, da die Farbskala des Testkits nur bis 0,14 mg/L reichte und die unverdünnte Probe deutlich dunkler als der maximale Skalenwert war.

Die  $PO_4$ -Werte der Gruppe „Trainiert“ im Fluss liegen hingegen in einem deutlich höheren Bereich von 0,23 mg/L - >1,5 mg/L, mit Ausnahme von 0,02 mg/L am 30. September ( $\bar{x}_{ges} = 0,819$  mg/L). Am 30. September (selben testenden Personen wie am Altarm) unterscheiden sich zwei Werte wieder stark voneinander (0,02 mg/L und >1,5 mg/L), obwohl die Proben zur gleichen Tageszeit entnommen wurden. Auch an diesem Standort gab es bei der Gruppe „Trainiert“ drei Messungen, bei denen das Messgerät keine präzisen Werte, sondern nur einen Bereich von >1,5 mg/L angegeben hat (15. August, 29. September, 30. September).

Abbildung 17 zeigt, dass die im Fluss gemessenen  $\text{PO}_4$ -Konzentrationen sowohl zwischen den Methoden als auch innerhalb einer Methode variieren. Die Messungen am 29. September zeigen auch hier wieder Unterschiede am selben Tag: drei Messungen (0,08 mg/L, 0,71 mg/L und >1,5 mg/L) weichen deutlich von der Laborprobe (0,29 mg/L) ab, während eine Messung desselben Tages (0,56 mg/L) näher am Laborwert liegt.

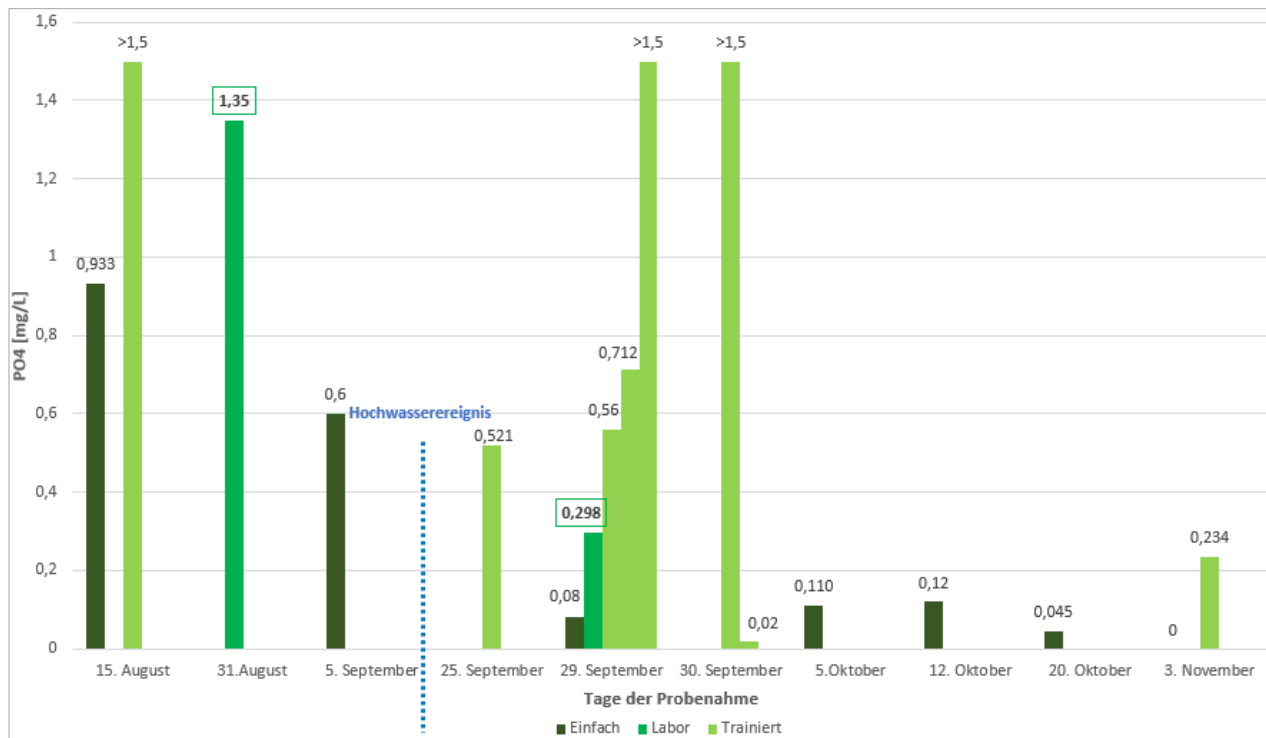


Abbildung 17 Gemessene  $\text{PO}_4$ -Konzentrationen [in mg/L] der drei Methoden (Gruppe „Einfach“  $n=7$ ; Gruppe „Trainiert“  $n=8$ ; Laborproben  $n=2$ ) im **Fluss**.

Ähnlich wie bei den  $\text{NO}_3$ -Messungen zeigen auch die Ergebnisse der  $\text{PO}_4$ -Tests eine hohe Variabilität, sowohl zwischen den verschiedenen Tagen und innerhalb eines Tages als auch zwischen den unterschiedlichen Messmethoden.

### 3.1.5 Gelöster Sauerstoff

Die wissenschaftlichen Messungen (Messgerät) zeigen, dass der gelöste  $\text{O}_2$ -Gehalt sowohl im Fluss als auch im Altarm variiert. Im Fluss wurden am 15. August ein hoher Wert von 13,04 mg/L, am 31. August ein Wert von 8,42 mg/L und am 12. Oktober ein Wert von 9,1 mg/L gemessen. Im Altarm wurde am 15. August ein Wert von 6,34 mg/L, am 31. August ein Wert von 6,34 mg/L und am 12. Oktober ein Wert von 11,1 mg/L gemessen.

Die Messungen der Citizen Science Daten (Trainiert) zeigen ebenfalls, dass der gelöste  $\text{O}_2$ -Gehalt sowohl im Fluss als auch im Altarm variiert. Diese Messungen zeigen jedoch größere Schwankungen. Im Fluss liegen die Werte zwischen einem Minimum von 5 mg/L und einem Maximum von über 10

mg/L. Im Altarm ist der Bereich größer, mit einem Minimum von 2,3 mg/L und einem Maximum von 12 mg/L.

In Abbildung 18 werden die Tagesschwankungen der beiden Methoden nochmals deutlich abgebildet. Zudem zeigen bestimmte Werte am selben Tag starke Unterschiede auf. Am 15. August wurden Messungen zur selben Uhrzeit mit beiden Methoden durchgeführt, und deren Werte weisen an beiden Standorten eine deutliche Differenz auf (besonders im Fluss: Trainiert 5,6 mg/L & Fluss Messgerät 13,04 mg/L). Auch im Altarm zeigen die Werte am 29. September (2,3 mg/L; 6 mg/L; 12 mg/L) eine starke Differenz innerhalb derselben Methode auf, wohingegen die Werte des 30. Septembers (Fluss: 6,5 mg/L & 5,7 mg/L; Altarm: 9,1 mg/L; 11 mg/L) eine größere Übereinstimmung aufweisen.

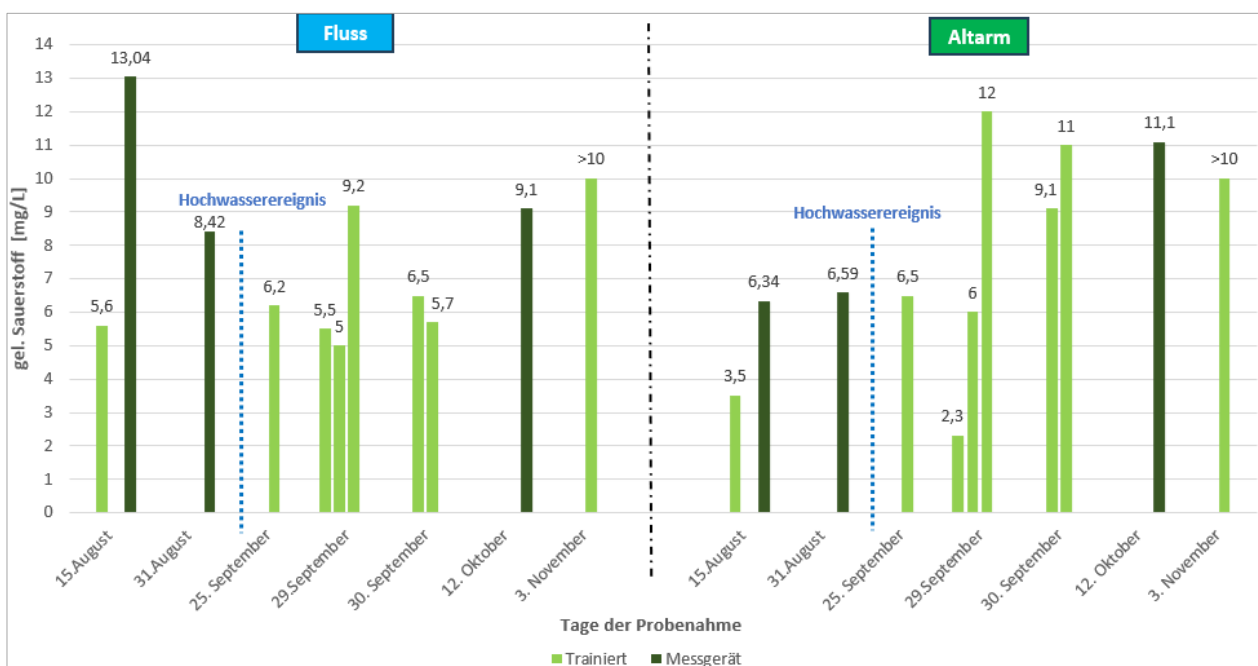


Abbildung 18 O<sub>2</sub>-Gehalte [in mg/L] an beiden Standorten (links: **Fluss**, rechts: **Altarm**) mit zwei Methoden: Gruppe „Trainiert“ (n = 8) und präzise Untersuchung mittels Messgerät (n = 3).

### 3.1.6 Qualitative Beschreibungen

Am häufigsten wurden von den Citizen Scientists „Blätter“ auf der Wasseroberfläche vom Fluss (33%) und Altarm (44%) beobachtet (Abbildung 19). Für den Standort Altarm wurde zudem an der Wasseroberfläche häufig „Totholz“, „staubiger/öliger Film“ und „Algen“ (jeweils 33%) wahrgenommen. Am Fluss wurden neben den „Blätter“ auch „Schaum“ (33%) am meisten beobachtet, gefolgt von „Algen“, „staubiger/öliger Film“ und „Totholz“ (jeweils 17%). Kategorien wie „Pflanzen“, „Tierchen“ und „Trüb“ wurden im Fluss nicht erwähnt, am Altarm wurden die Kategorien „Schaum“ und „Sauber“ nie verwendet.

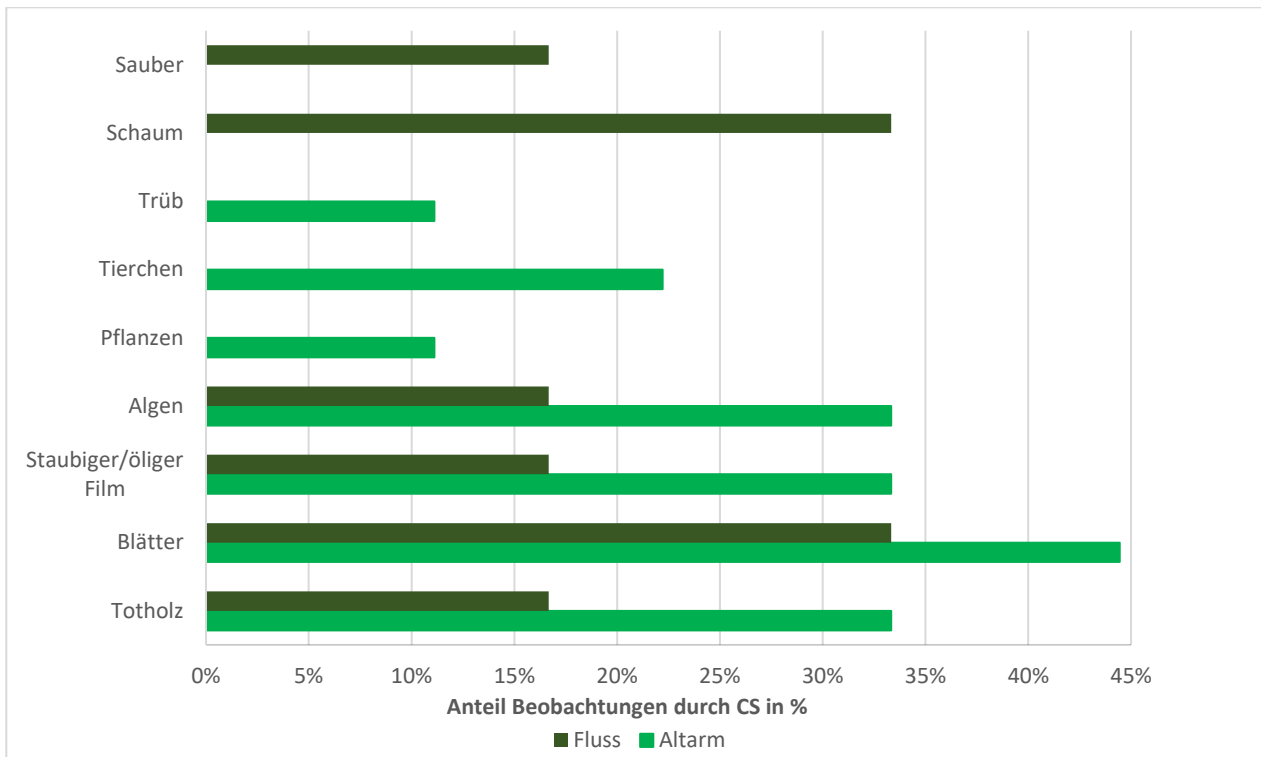


Abbildung 19 Anteil der Beobachtungen der Citizen Scientists (in %) bezüglich der Wasseroberfläche des **Altarms** (n=9) und **Flusses** (n=6).

In Abbildung 20 werden die drei Kategorien Ufervegetation, Totholz im Wasser und Strömung zusammengefasst dargestellt. Die Ufervegetation der beiden Standorte wird durch die Citizen Scientists überwiegend ähnlich beschrieben. Am Altarm gab es eine zusätzliche Nennung von „Schilf“, ansonsten wurde die Vegetation hauptsächlich mit „Bäume“ und „Gräser/Kräuter“ beschrieben (eine Person hat „Bäume“ am Altarm nicht erwähnt). Für das Vorhandensein von Totholz haben die Citizen Scientists klare Unterschiede zwischen den beiden Standorten festgestellt. Im Altarm wurde von allen Beobachtenden eine große Menge an Totholz (100%) angegeben, wohingegen am Fluss hauptsächlich kein (83%) bzw. vereinzelt wenig (17%) Totholz dokumentiert wurde. Bezüglich der Strömung beschrieben die testenden Personen die Strömungsstärke am Altarm überwiegend als nicht vorhanden (78%), wobei vereinzelt eine geringe Strömung (22%) genannt wurde. Am Fluss hingegen wurde von den Citizen Scientists die Strömung meist als sehr schnell (50%) bis mittel stark (33%) strömend wahrgenommen. Eine Person hat die Strömung des Flusses an einem Tag als gering (17%) empfunden.



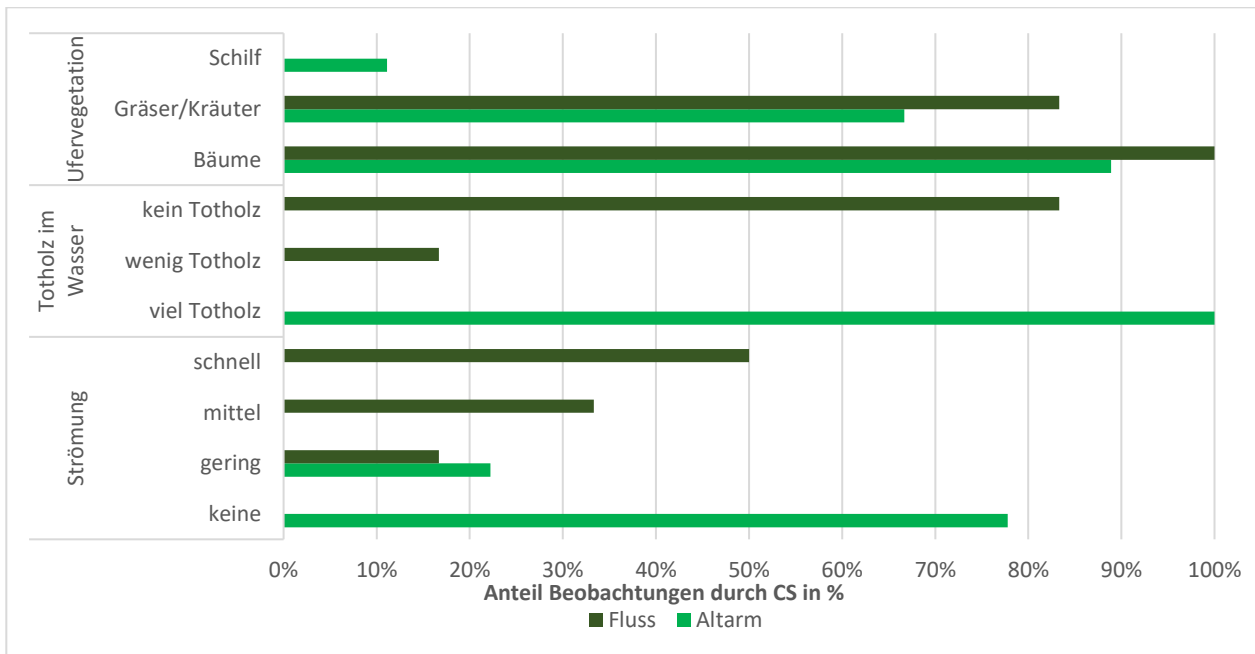


Abbildung 20 Anteil der Beobachtungen der Citizen Scientists (in %) zur Ufervegetation, zur Menge an Totholz und zur Stärke der Wasserströmungen am **Altarm** (n=9) und am **Fluss** (n=6).

In Abbildung 21 werden die drei Kategorien Verschmutzungsquellen, Landnutzung und Wassernutzung zusammengefasst dargestellt. Bei der Wassernutzung wurden für den Altarm insgesamt drei Aktivitäten genannt (spazieren, fischen, Boote), für den Fluss zwei Aktivitäten (fischen, Boote). Weiters wurde auch bei beiden Standorten „keine Aktivität“ wahrgenommen. Hinsichtlich der Beschreibung der Landnutzung wurden jeweils nur zwei Wörter (Wald, Forstweg) bei beiden Standorten gewählt. Bei den Verschmutzungsquellen wurden für den Fluss vorwiegend keine Verschmutzungsquellen identifiziert, ausgenommen einer Nennung von Müll. Beim Altarm wurden neben keinen Verschmutzungsquellen zusätzlich Müll und Lärm genannt.

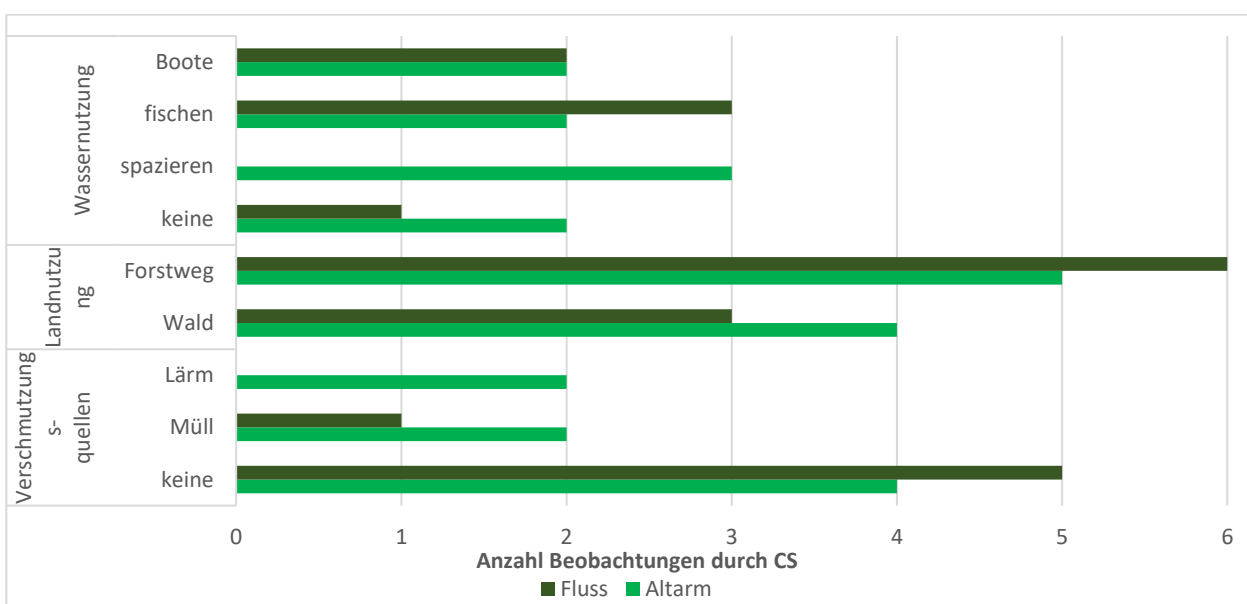


Abbildung 21 Anzahl der Beobachtungen der Citizen Scientists zur Wassernutzung, zur Landnutzung und zu den Verschmutzungsquellen am **Altarm** (n=9) und am **Fluss** (n=6).

### 3.1.7 Zusätzliche Ergebnisse und Vergleiche

Die Durchführung des Protokolls zur Bewertung der Wasserqualität für beide Standorte nahm bei der Gruppe „Einfach“ durchschnittlich 53 Minuten pro Person in Anspruch. Die kürzeste Zeit lag bei 24 Minuten, während die längste Dauer 1 Stunde und 5 Minuten betrug. Im Vergleich dazu benötigte die Gruppe „Trainiert“ im Durchschnitt 1 Stunde und 30 Minuten pro Person. Hier reichte die Zeitspanne von einem Minimum von 40 Minuten bis zu einem Maximum von 1 Stunde und 52 Minuten.

Es wurden vier Wasserproben der Gruppe „Einfach“ für die Tests von  $\text{NO}_3$  &  $\text{PO}_4$  mitgenommen und am selben Tag noch zuhause durchgeführt (29. September & 12. Oktober). Aus der Gruppe „Trainiert“ wurde eine Wasserprobe (nur Fluss, 25. September) mitgenommen und die Nährstoffanalyse zu Hause durchgeführt. Die Messergebnisse aus Tabelle 2 zeigen Unterschiede in den  $\text{NO}_3$ - und  $\text{PO}_4$ -Konzentrationen je nach Messort und Methode. Im Vergleich zu den vor Ort gemessenen Werten zeigen die zu Hause durchgeführten Analysen (separat und nicht von den Citizen Scientists selbst erhoben), bei denen die Wasserproben 5 Stunden später untersucht wurden, Abweichungen bei den  $\text{NO}_3$ -Konzentrationen (+2,2% im Fluss, -22,8% im Altarm). Die  $\text{PO}_4$ -Werte (Zuhause) weichen im Fluss stärker ab (-61,1%) während die  $\text{PO}_4$ -Werte im Altarm geringer abweichen (-7,5%). Bei den  $\text{NO}_3$ -Werten (Labor) sind die Unterschiede signifikant im Vergleich zur vor Ort Messung (-19,8 % im Fluss und -64 % im Altarm). Auch die  $\text{PO}_4$ -Werte (Labor) zeigen große Unterschiede zur vor Ort Messung (-59,9 % im Fluss und -25,8 % im Altarm).

*Tabelle 2 Vergleich der  $\text{NO}_3$ - und  $\text{PO}_4$ -Konzentrationen (in mg/L) an Fluss und Altarm, gemessen mit dem Testkit der Gr. „Trainiert“ einmal vor Ort, einmal 5 Stunde später (zu Hause) und die Analyse im Labor. Alle Messungen basieren auf derselben Wasserprobe. Abweichungen in % bezogen auf den Werten in Zeile „Vor Ort“.*

Messort	NO3 [mg/L]		PO4 [mg/L]	
	Fluss	Altarm	Fluss	Altarm
Vor Ort	18,1 <sub>0,0%</sub>	21 <sub>0,0%</sub>	0,712 <sub>0,0%</sub>	0,493 <sub>0,0%</sub>
Zuhause	18,5 <sub>+2,2%</sub>	16,21 <sub>-22,8%</sub>	0,277 <sub>-61,1%</sub>	0,456 <sub>-7,5%</sub>
Labor	14,51 <sub>-19,8%</sub>	7,583 <sub>-64,0%</sub>	0,285 <sub>-59,9%</sub>	0,366 <sub>-25,8%</sub>

Es wurden insgesamt vier Testkits der Gruppe „Trainiert“ eingesetzt, um den gelösten  $\text{O}_2$ -Gehalt zu messen. Zwei Testkits wurden auf ihre Genauigkeit untersucht. Dabei zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen den beiden Testkits, trotz derselben Wasserprobe: Im Altarm ergab Testkit 1 einen Wert von 2,3 mg/L und Testkit 2 8,0 mg/L an gelösten Sauerstoff. Im Fluss ergab Testkit 1 einen Wert von 5,5 mg/L und Testkit 2 8,56 mg/L an gelösten Sauerstoff.

## 3.2 Libellen

An insgesamt drei Begehungen (wiss. Methode) wurden im Testgebiet 41 Libellenindividuen aus 6 unterschiedlichen Libellentaxa gefunden. Davon entfielen 26 Individuen auf Kleinlibellen (*Zygoptera*) und 15 Individuen auf Großlibellen (*Anisoptera*). Alle Funde wurden auf Artniveau bestimmt. Die am häufigsten vorkommenden Libellentaxa waren die Große Pechlibelle (*Ischnura elegans*) mit etwa 45%, die Blutrote Heidelibelle (*Sympetrum sanguineum*) mit knapp 20% und die Blaue Federlibelle (*Platycnemis pennipes*) mit 17% (Tabelle 3). Die durchschnittliche Dauer der Begehungen betrug 49 Minuten, welche im Vergleich zu den beiden Citizen Science Gruppen etwa doppelt so lange betrug (Einfach:  $\bar{x}$  26min; Trainiert:  $\bar{x}$  24 min). Zwei Begehungen fanden vor dem Hochwasserereignis und bei weit höheren Temperaturen statt (29 °C und 34 °C) und weisen eine höhere Anzahl an Funden auf (Tabelle 4). Bei niedrigeren Temperaturen wie bei Begehung Nr. 3 (13 °C) wurden deutlich weniger Funde gemacht.

Tabelle 3 Ergebnisse der genauen (bzw. wiss.) Untersuchung (n=3): Auflistung der dokumentierten Libellenarten mit Angaben zu Familie, Gattung, Art und der Anzahl der beobachteten Individuen an den jeweiligen Erhebungstagen. Die Gesamtsummen für Familien, Gattungen, Arten und Individuen sind am Tabellenende angegeben. Fotobelege aller Individuen befinden sich im Anhang B.

	Datum	Familie	Gattung	Art	Anzahl Individuen
Genauere Untersuchung	15/08/2024	Federlibellen <i>Platycnemididae</i>	Federlibellen <i>Platycnemis</i>	Blaue Federlibelle <i>Platycnemis pennipes</i>	5
		Schlanklibellen <i>Coenagrionidae</i>	Pechlibellen <i>Ischnura</i>	Große Pechlibelle <i>Ischnura elegans</i>	13
	31/08/2024	Federlibellen <i>Platycnemididae</i>	Federlibellen <i>Platycnemis</i>	Blaue Federlibelle <i>Platycnemis pennipes</i>	2
		Schlanklibellen <i>Coenagrionidae</i>	Pechlibellen <i>Ischnura</i>	Große Pechlibelle <i>Ischnura elegans</i>	6
		Segellibellen <i>Libellulidae</i>	Heidelibellen <i>Sympetrum</i>	Blutrote Heidelibelle <i>Sympetrum sanguineum</i>	8
				Südliche Heidelibelle <i>Sympetrum meridionale</i>	1
	12/10/2024	Edellibellen <i>Aeshnidae</i>	Mosaikjungfern <i>Aeshna</i>	Herbst-Mosaikjungfer <i>Aeshna mixta</i>	4
		Segellibellen <i>Libellulidae</i>	Heidelibellen <i>Sympetrum</i>	Große Heidelibelle <i>Sympetrum striolatum</i>	2
	Gesamt	4	4	6	41

9 Personen der Gruppe „Einfach“ haben insgesamt 34 Libellenfunde im Erhebungszeitraum erfasst (Tabelle 4). Die meisten Funde davon wurden auf Sub-Ordnung (Klein- oder Großlibellen) zugeordnet: 23 Kleinlibellen und 9 Großlibellen (2 Funde konnten lediglich als Libelle identifiziert werden, da zu schnell vorbeigeflogen). 5 Funde wurden über die Sub-Ordnung hinaus genauer bestimmt, davon 1 Fund auf Gattungsebene und 4 Funde auf Artniveau (P3: 1x Pechlibelle – *Ischnura* sp., 1x Große Pechlibelle – *Ischnura elegans*, 1x Zwerglibelle - *Nehalennia speciosa*; P2: 1x Gefleckte Heidelibelle - *Sympetrum flaveolum*, 1x Kleine Pechlibelle – *Ischnura pumilio*). Einzelne Erhebungen zeigten

deutliche Unterschiede: P1, P2, und P3 machen zusammen 82% der Gesamtbeobachtungen in dieser Gruppe aus. P6 und P9 machen gemeinsam 18% der Gesamtbeobachtungen aus, die übrigen 4 Personen (P4, P5, P7, P8) haben keine Libellen vorgefunden. In dieser Gruppe zeigt sich eindeutig, dass vor dem Hochwasser (Werte bis 5.9.24) deutlich mehr Funde gemacht wurden als nach dem Hochwasser (Werte ab 29.9.24) und die Temperatur stark mit der Anzahl der Funde zusammenhängt. Am 15.8.2024 wurden von Person 1 (P1) hauptsächlich Kleinlibellen (14 Individuen) beobachtet. Bei den zwei weiteren Erhebungen, ebenfalls vor dem Hochwasserereignis, hat Person 3 (P3) mehr Kleinlibellen (6 Individuen) als Großlibellen (1 Individuum) erhoben, Person 2 (P2) hingegen mehr Großlibellen (4 Individuen) als Kleinlibellen (2 Individuen) entdeckt (beide Erhebungen fanden zeitgleich etwa um 11 Uhr statt, jedoch an unterschiedlichen Orten im Gebiet). Die durchschnittliche Dauer der Libellenerhebung betrug für die Gruppe „Einfach“ 26 Minuten, wobei die Personen sehr variabel Untersuchungsdauern aufwiesen (längste Untersuchungsdauer P6 50min; kürzeste P7 & P8 10min). Die mittlere Temperatur lag bei 17,78 °C (Anfang September noch sehr sommerliche Temperaturen von >25 °C, ab Ende September starker Abfall der Temperaturen  $\sim \bar{x}$  13°C).

Gruppe „Trainiert“, mit insgesamt 6 Citizen Scientists, haben nur im Zeitraum nach dem Hochwasserereignis (Werte ab 25.9.24) Libellen erhoben. Insgesamt dokumentierte diese Gruppe 13 Libellenfunde (Tabelle 4). Davon waren 2 Kleinlibellen und 10 Großlibellen, während 1 Fund nicht identifiziert werden konnte. Die Bestimmungen erfolgten hauptsächlich auf Subordinationsebene (Klein- oder Großlibelle), 1 Fund wurde genauer bis auf Artniveau identifiziert (P10: 1x Braune Mosaikjungfer - *Aeshna grandis*). Besonders hervorzuheben sind die drei Erhebungen am 29.09.2024, bei denen Person 11 (P11) 8 Funde registriert hat (62% der Gesamtbeobachtungen in dieser Gruppe) und die Personen 12 und 13 (P12, P13) hingegen keine Libellen vorgefunden haben (P11 hat in Vergangenheit schon einmal eine Libellenerhebung durchgeführt, P12 und P13 hingegen noch nie; P12 und P13 führten die Erhebung um etwa 17:00 Uhr durch, P11 hingegen um 15:00). Die durchschnittliche Dauer der Begehungen betrug für die Gruppe „Trainiert“ 24 Minuten (längste Dauer P12 37min; kürzeste Dauer P10 9min) und die mittlere Temperatur lag bei 15,83 °C.

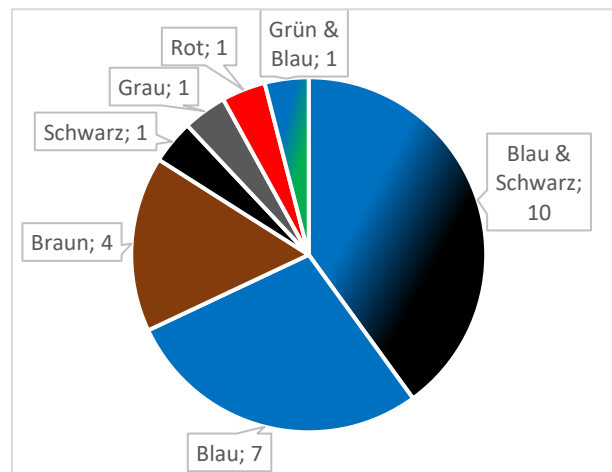
Einen direkten Vergleich zwischen der genauen Methode und den Citizen Scientists (Tabelle 4) bieten die Erhebungen vom 15.8.24 (P1 und Nr. 1) sowie vom 12.10.24 (P6 und Nr. 2), da an diesen Tagen zwei Citizen Scientists zu ähnlichen Uhrzeiten Beobachtungen durchgeführt haben. An beiden Daten wurden mit der wiss. Methode mehr Funde registriert (P1: 14 Funde - Nr. 1: 18 Funde; P6: 3 Funde - Nr. 3: 6 Funde). Einzelne Citizen Scientists haben in keiner Begehung innerhalb eines vergleichbaren Zeitraums mehr Funde gemacht als die geübte Person (wiss. Methode), mit Ausnahme von P11 im Vergleich mit Begehung Nr. 3. Die Citizen Scientist haben als kollektiv insgesamt mehr Funde gemacht als die 3 Begehung durch die genaue Methode (Citizen Science Gruppen gesamt: 47 Funde; genaue Methode: 41 Funde). Die Bestimmungen durch die Citizen Scientists beschränkten sich

meist auf die Subordnungsebene (Klein- oder Großlibelle). Von den 47 Funden der Citizen Scientists konnten 45 Individuen (96 %) auf Subordnungsebene bestimmt werden. Genauere Bestimmungen wurden jedoch nur bei 6 Individuen durchgeführt, was einem Anteil von 13 % entspricht. Die genaue Methode hat hingegen alle 41 Funde auf Artenniveau bestimmt (Tabelle 3).

*Tabelle 4 Ergebnisse der Libellenerhebungen der Gruppe „Einfach“ (n=9) und Gruppe „Trainiert“ (n=6) sowie der wiss. Methode (n=3). Die Tabelle zeigt die Anzahl der Funde, die Verteilung auf Kleinlibellen (Zygoptera), Großlibellen (Anisoptera), nicht identifizierbare Funde, die Anzahl präziser Bestimmungen, sowie Startzeit, Dauer und Temperatur der jeweiligen Erhebungen. Summen ( $\Sigma$ ) und Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) sind für jede Gruppe angegeben. Die mit \* markierten Funde wurden außerhalb des Testgebietes auf dem Weg dorthin erfasst.*

Erhebungen	Datum	Funde	Kleinlibellen Zygoptera	Großlibellen Anisoptera	Subord. nicht identifizierbar	Anzahl an präzisen Bestimmungen	Startuhrzeit	Dauer [min]	Temperatur [°C]
Gruppe Einfach	P1	15/08/2024	14	0	0	0	19:30	20	29
	P2	05/09/2024	7	4	1	2	11:18	34	26
	P3	05/09/2024	7	1	0	3	11:20	30	26
	P4	29/09/2024	0	0	0	0	18:00	45	10
	P5	06/10/2024	0	0	0	0	15:08	18	14
	P6	12/10/2024	3	1	1	0	11:51	50	13
	P7	20/10/2024	0	0	0	0	12:35	10	18
	P8	05/10/2024	0	0	0	0	15:42	10	12
	P9	03/11/2024	3*	3	0	0	13:00	20	12
9 Personen	/	$\Sigma$ 34	$\Sigma$ 23	$\Sigma$ 9	$\Sigma$ 2	$\Sigma$ 5	/	$\bar{x}$ 26	$\bar{x}$ 18
Gruppe Trainiert	P10	25/09/2024	1*	1	0	1	19:01	9	17
	P11	29/09/2024	8	6	0	0	15:00	34	15
	P12	29/09/2024	0	0	0	0	16:56	37	14
	P13	29/09/2024	0	0	0	0	16:57	28	14
	P14	30/09/2024	3	3	0	0	15:29	15	16
	P15	30/09/2024	1	0	1	0	15:26	22	19
6 Personen	/	$\Sigma$ 13	$\Sigma$ 2	$\Sigma$ 10	$\Sigma$ 1	$\Sigma$ 1	/	$\bar{x}$ 24	$\bar{x}$ 16
wiss. Methode	Nr. 1	15/08/2024	18	0	0	18	18:15	50	29
	Nr. 2	31/08/2024	17	9	0	17	15:05	55	34
	Nr. 3	12/10/2024	6	6	0	6	13:27	43	13
3 Begehungen	/	$\Sigma$ 41	$\Sigma$ 26	$\Sigma$ 15	$\Sigma$ 0	$\Sigma$ 41	/	$\bar{x}$ 49	$\bar{x}$ 25

Weiters dokumentierten die Citizen Scientists in den meisten Fällen die Farben der Libellen. Abbildung 22 und Abbildung 23 zeigen die notierten Farben der Klein- bzw. Großlibellen beider CS-Gruppen. Es wurden sowohl nur einzelne Farben (z.B. Rot, Orange...) angegeben als auch Farbkombinationen (z.B. Blau & Schwarz). Von den insgesamt 25 Kleinlibellen – Funde (23 „Einfach; 2 „Trainiert“) wurden zu jedem Fund die Farbe angegeben. Bei den insgesamt 20 Großlibellen – Funden (10 „Einfach“; 10 „Trainiert“) wurden zu 18 Beobachtungen die Farbe jeweils festgehalten.



*Abbildung 22 Angaben der von den Citizen Science-Gruppen Trainiert (n=6) und Einfach (n=9) dokumentierten Farben der Kleinlibellen.*

Die Farbverteilung der beobachteten Kleinlibellen (Abbildung 22) zeigt eine deutliche Dominanz bestimmter Farben. Die häufigste Farbvariante war "Blau & Schwarz" mit 10 Beobachtungen. Darauf folgte die Farbe "Blau" mit 7 Individuen. Die Farben "Braun" und "Grün & Blau" wurden jeweils 4- bzw. 1-mal registriert, während "Rot", "Schwarz" und "Grau" mit jeweils 1 Beobachtung die seltensten Farbvarianten darstellten. Die

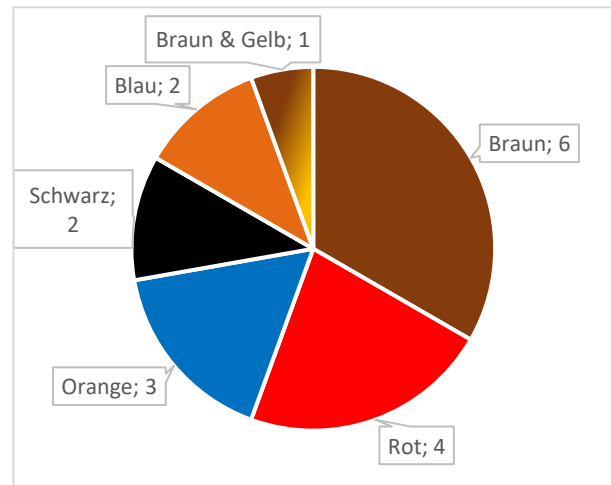


Abbildung 23 Angaben der von den Citizen Science-Gruppen Trainiert (n=6) und Einfach (n=9) dokumentierten Farben der **Großlibellen**.

Die Farbverteilung der beobachteten Großlibellen (Abbildung 23) zeigt eine größere Vielfalt. Die häufigste Farbvariante war "Braun" mit 6 Beobachtungen, gefolgt von "Rot" mit 4 Individuen. Die Farbe „Orange“ wurden jeweils 3-mal registriert, während "Blau" und "Schwarz" mit 2 Beobachtungen und "Braun & Gelb" mit 1 Beobachtung seltener vertreten waren.

Neben der Angabe der Libellenfarbe wurden auch spezielle Merkmale und sonstige Auffälligkeiten festgehalten. Die häufigste Anmerkung dabei war, dass sich die Libelle im Flug befand bzw. schnell vorbeigeflogen ist. Weitere spezielle Merkmale, die von den Teilnehmenden registriert worden sind, waren folgenden einzelne Nennungen:

- Kleinlibellen: schwarze Streifen hinten; Kopf & Schwanz farbig, Rest schwarz; vorne Grün, hinten blau; in Interaktion mit Fund Nr. 2
- Großlibellen: gelbe Streifen auf Flügel; schwarze Streifen hinten; sehr große Augen; großer Oberkörper

Von den insgesamt 47 Citizen Science Funden konnten die Teilnehmenden von 9 Individuen ein Foto machen. Abbildung 24 veranschaulicht den Qualitätsunterschied zwischen den aufgenommenen Fotos der Citizen Scientists und der Kamera mit Teleobjektiv. Die mit dem Teleobjektiv aufgenommenen Bilder (Bild 5 und 6) weisen eine deutlich höhere Bildqualität auf (weitere Bilder in Anhang B: Liste der Taxa – Libellen). Die Libellen wurden von den Citizen Scientists häufig im Vorbeiflug beobachtet, was ihnen das Fotografieren der Funde nicht möglich machte. In den Angaben der Citizen Scientists wurde dies beispielsweise mit Bemerkungen wie „vorbeigeflogen“ oder „zu schnell im Flug“ beschrieben (insgesamt 27-mal von den testenden Personen erwähnt). Zudem wurde berichtet, dass die Libellen beim Versuch, sie zu fotografieren, aufgeschreckt wurden, sodass auch in diesen Fällen keine Fotos gemacht werden konnten.





Abbildung 24 Vergleich von Aufnahmen: Die Bilder 1–4 (linken Seite) wurden von den Smartphones der Citizen Scientists aufgenommen, während die Bilder 5 und 6 (rechte Seite) mit einer Kamera und Teleobjektiv im Rahmen der genauen Untersuchung erstellt wurden.

Die Citizen Scientists haben alle Bereiche des Testgebietes als Kollektiv abgedeckt (Abbildung 25). Während die Gruppe „Trainiert“ (Rot) mit 6 Personen hauptsächlich in der unteren Hälfte des Gebietes aktiv war, hat die Gruppe „Einfach“ mit 7 Personen die Fläche vollständig abgedeckt (1 Person hat keine GPS-Daten angegeben, da unklar war, wie diese abgerufen werden können). 3 Personen aus der Gruppe „Einfach“ sind die gesamte Fläche von unten bis oben abgegangen (P6, P8, P9).



Abbildung 25 Wege der Citizen Scientists im Testgebiet zur Libellensuche. Die Routen der Gruppe „Trainiert“ sind in Rot gekennzeichnet (n=6). Die Routen der Gruppe Einfach sind in Orange und Gelb dargestellt (n=8) (geändert nach geoland.at, 2025).

### 3.3 Ufergehölze

Insgesamt gab es im Gebiet 129 Gehölze aus 11 verschiedenen Taxa. Zu den häufigsten Taxa zählten Ulmen mit knapp 40%, Eschen mit etwa 30% und Weiden mit 10% (Tabelle 5).

Die 8 Citizen Scientists der Gruppe „Einfach“ konnten insgesamt 108 Gehölze aus 8 verschiedenen Taxa (72%) ermitteln. Die drei häufigsten dokumentierten Taxa dieser Gruppe waren Weiden mit etwa 25 %, Ulmen mit 23% und Eschen mit knapp 20%. Diese Gruppe konnten nicht nur die am häufigsten vorkommenden Taxa (Top 5: *Ulmus sp.*, *Fraxinus sp.*, *Salix sp.*, *Crataegus monogyna*, *Acer negundo*) ermitteln, sondern auch einzelne Taxa mit geringer Anzahl (z.B. *Acer campestre* welcher nur 1-mal vorhanden ist oder *Quercus sp.* mit nur 4 Individuen). 3 Taxa (3 *Viburnum opulus*; 2 *Prunus spinosa*; 1 *Rhamnus cathartica*) konnten von dieser Gruppe nicht ermittelt werden, um eine vollständige Artenabdeckung (100%) zu erreichen. Diese 3 nichtgefundene Arten machen 5% an der Gesamtzahl der tatsächlich vorhandenen Individuen (129) im Gebiet aus.

Die 6 Citizen Scientists der Gruppe „Trainiert“ haben insgesamt 40 Gehölze aus 4 verschiedenen Taxa (36%) dokumentiert. Gruppe „Trainiert“ hat am häufigsten Ulmen (40%) dokumentiert. An zweiter Stelle stehen Eschen (18%), Pappeln (18%) als auch fälschlicherweise Götterbäume (18%). Weiden wurden nur 3-mal genannt (8%). Es wurden deutlich weniger Gehölze durch die 6 Personen aus der Gruppe „Trainiert“ bestimmt als wie in Gruppe „Einfach“ (8 Personen, 108 Gehölze). Insgesamt fehlen dieser Gruppe 7 Taxa, um eine vollständige Abdeckung der im Gebiet vorkommenden Taxa (100 %) zu erreichen. Diese 7 nicht gefundenen Taxa umfassen zusammen 30 Individuen, was 23 % der Gesamtanzahl der im Gebiet vorkommenden Individuen (129) entspricht. Die Gruppe „Trainiert“ hat, abgesehen von den Pappeln (4 tatsächlich vorkommende Individuen), nur häufig vorkommende Taxa erfasst.

Zwei Taxa, die im Testgebiet nicht vorkommen (Erle und Götterbaum), wurden von einzelnen Personen aus beiden Citizen-Science-Gruppen fälschlicherweise angegeben. In den Daten der Gruppe „Einfach“ entfallen etwa 3 % der Nennungen auf die Erle und 5 % auf den Götterbaum. Die Gruppe „Trainiert“ verzeichnete hingegen nur den Fehler beim Götterbaum, der 18 % der Nennungen ausmacht, während Erle richtigerweise nicht dokumentiert wurde.

*Tabelle 5 Ergebnisse der Gehölzerhebungen durch die wissenschaftliche Methode (genaue Untersuchung) sowie die Gruppen "Einfach" (n = 8) und "Trainiert" (n = 6). Dargestellt sind die im Gebiet vorkommenden Arten bzw. Gattungen mit der Anzahl der dokumentierten Individuen (genaue Untersuchung) sowie der Anzahl der Nennungen durch die beiden Citizen-Science Gruppen. Die Spalten in Rot („nicht vorkommend“) geben die Arten an, die nicht im Gebiet vorkommen, aber von*



den Citizen Scientists genannt wurden. Bei der Anzahl der Citizen Science-Nennungen ist zu beachten, dass einzelne Individuen mehrfach von verschiedenen Personen genannt worden sein können.

Gattungen/Arten		Genauere Untersuchung	Gruppe Einfach	Gruppe Trainiert	
		Anzahl Individuen	Anzahl Nennungen	Anzahl Nennungen	
Im Gebiet vorkommende Arten	Ulmen - <i>Ulmus</i> sp. (... <i>minor</i> und <i>laevis</i> )	50	25	16	
	Eschen - <i>Fraxinus</i> sp. (... <i>excelsior</i> und <i>angustifolia</i> )	36	21	7	
	Weiden - <i>Salix</i> sp. (... <i>fragilis</i> und <i>alba</i> )	13	28	3	
	Eingriffeliger Weißdorn <i>Crataegus monogyna</i>	8	3	0	
	Eschen Ahorn <i>Acer negundo</i>	7	8	0	
	Pappeln - <i>Populus</i> sp. (... <i>nigra</i> und <i>alba</i> )	4	10	7	
	Eichen - <i>Quercus</i> sp. (... <i>robur</i> )	4	4	0	
	Gemeiner Schneeball <i>Viburnum opulus</i>	3	0	0	
	Schlehdorn <i>Prunus spinosa</i>	2	0	0	
	Echter Kreuzdorn <i>Rhamnus cathartica</i>	1	0	0	
	Feldahorn <i>Acer campestre</i>	1	1	0	
nicht vorkommend	Erlen - <i>Alnus</i> sp.	0	3	0	
	Götterbaum <i>Ailanthus altissima</i>	0	5	7	
Gesamtanzahl Individuen		/	129	108	40
Vorgefundene Arten/Gattungen		/	11 (100%)	8 (72%)	4 (36%)

Tabelle 6 zeigt, dass die Gruppe „Einfach“ durchschnittlich 13,50 Individuen und 3,13 Arten pro Person dokumentiert wurden. Im Durchschnitt wurde für die Erhebung von Gehölzen eine Dauer von 28,75 Minuten aufgewendet. Die Fehlerquote für die Bestimmung der Artengruppe lag im Mittel bei 15 %. Häufige Fehler umfassten Verwechslungen zwischen *Ailanthus altissima* (Götterbaum) und *Fraxinus* sp. (Esche; 7-mal), *Quercus* sp. (Eiche) und *Crataegus monogyna* (Eingriffeliger Weißdorn; 2-mal) sowie *Alnus* sp. (Erle) und *Ulmus* sp. (Ulme; 3-mal). Person 5 (P5) hat alle Individuen der richtigen Artengruppe zugeordnet, jedoch wurde 5-mal *Ulmus laevis* (Flatterulme) angegeben, obwohl es sich dabei um *Ulmus minor* (Feldulme) handelte. Bei Berücksichtigung dieser Fehler steigt das Mittel der Fehlerquote auf 20% für die Gruppe „Einfach“.

Gruppe „Trainiert“ dokumentierte hingegen im Durchschnitt pro Personen deutlich weniger Individuen ( $\bar{x}$  = 6,83 Individuen) als Gruppe „Einfach“ ( $\bar{x}$  = 13,50 Individuen), jedoch etwas mehr Arten ( $\bar{x}$  = 3,67 Arten). Diese Gruppe hatte pro Person eine durchschnittliche Dauer für die Gehölzerhebung von 14,83 Minuten. Die durchschnittliche Fehlerquote bei der Bestimmung der Artengruppe lag bei 17 %. Zu den häufigsten Fehlern gehörte die Verwechslung von *Ailanthus altissima* (Götterbaum) mit *Fraxinus* sp. (Esche), die insgesamt 7-mal auftrat und von 5 der 6 Personen min. 1-mal gemacht wurde. Person 3 (P3) verwechselte zudem 7-mal *Ulmus laevis* (Flatterulme) mit *Ulmus minor* (Feldulme) bei der Artbestimmung. Person 6 (P6) bestimmte alle Artengruppen korrekt, machte jedoch einen Fehler bei der Artbestimmung, indem 1-mal *Fraxinus pennsylvanica* (Rotesche) mit *Fraxinus excelsior* (Gewöhnliche Esche) verwechselt wurde. Unter Berücksichtigung dieser Fehler steigt die durchschnittliche Fehlerquote der Gruppe „Trainiert“ auf 28 %. Eine Angabe „Toter Baum“ wurde in der Analyse nicht berücksichtigt.

Tabelle 6 Ergebnisse der Erhebungen der Gehölzarten durch die Gruppen "Einfach" (n = 8) und "Trainiert" (n = 6). Dargestellt sind die Anzahl der dokumentierten Individuen, die Anzahl der erfassten Arten, die Dauer der Erhebung in Minuten sowie die Fehlerquote und Details zu den Fehlern. Die mit \* markierten Fehlerquoten beziehen sich auf falsche Bestimmungen innerhalb derselben Gattung.

Methode	Personen	Anzahl Individuen	Anzahl Arten	Dauer [min]	Fehlerquote	Details zu den Fehlern
Gruppe Einfach	P1	4	2	20	0%	/
	P2	8	3	35	88%	5x Götterbaum mit Esche verwechselt 1x Eiche mit Eingriffeliger Weißdorn verwechselt; 1x Erle mit Ulme verwechselt
	P3	5	3	34	0%	/
	P4	10	3	20	0%	/
	P5	13	3	26	0% (38%*)	*Artengruppe richtig bestimmt, jedoch 5x Flatterulmen mit Feldulmen verwechselt
	P6	27	3	40	4%	1x Eiche mit Eingriffeliger Weißdorn verwechselt;
	P7	10	3	10	25%	2x Erle mit Ulme verwechselt
	P8	31	5	45	6%	2x Götterbaum mit Esche verwechselt
$\Sigma$ 8		$\bar{x}$ 13,50	$\bar{x}$ 3,13	$\bar{x}$ 28,75	$\bar{x}$ 15% (20%)	
Gruppe Trainiert	P1	5	3	10	20%	1x Götterbaum mit Esche verwechselt
	P2	3	3	10	33%	1x Götterbaum mit Esche verwechselt
	P3	17	5	25	18 % (59%*)	*Artengruppe richtig bestimmt, jedoch 7x Flatterulmen mit Feldulmen verwechselt; 3x Götterbaum mit Eschen verwechselt
	P4	6	4	15	17%	1x Götterbaum mit Eschen verwechselt
	P5	6	4	19	17%	1x Götterbaum mit Eschen verwechselt
	P6	4	3	10	0% (25%*)	*Artengruppe richtig bestimmt, jedoch 1x Rotesche mit Gew. Esche verwechselt; 1x Angabe "Toter Baum"
$\Sigma$ 6		$\bar{x}$ 6,83	$\bar{x}$ 3,67	$\bar{x}$ 14,83	$\bar{x}$ 17% (28%)	

Das Testgebiet weist, basierende auf den Feuchtezahlen der am Standort vorkommenden Arten, einen Feuchteindikator von 6,64 auf. Zu beachten ist, dass ein großer Anteil der vorhandenen Arten (65%) eine indifferente Feuchtezahl aufweisen, d.h. heterogene Feuchtigkeitsbedingungen aufzeigen. Die Daten der Gruppe „Einfach“ weisen für das Gebiet ein Feuchteindikator von 7,02 (mit Fehler) und 7,00 (ohne Fehler) auf, wobei der Anteil an Arten mit indifferenter Feuchtezahl bei 29 % liegt. Die Daten der Gruppe „Trainiert“ weisen für das Gebiet einen Feuchteindikator von 6,96 (mit Fehler) und 7,73 (ohne Fehler) auf, mit einem Anteil von 38 % an Arten mit indifferenter Feuchtezahl.

*Tabelle 7 Feuchteindikatoren (gewichtete Mittelwerte) mit und ohne Berücksichtigung von Fehlern sowie der prozentuale Anteil der Individuen mit indifferenter Feuchtezahl (x) für die Genaue Untersuchung (n=45), Gruppe "Einfach" (n=51-62) und Gruppe "Trainiert" (n=11-25). Die Genaue Untersuchung repräsentiert die tatsächliche Artenzusammensetzung des Standorts. Feuchtezahlen nach Ellenberg et al. (1992).*

Methode	Feuchteindikator (mit Fehler)	Feuchteindikator (ohne Fehler)	%-Anteil Individuen mit indifferenter Feuchtezahl (x)
<b>Genaue Untersuchung</b>	6,64	6,64	65%
<b>Gruppe Einfach</b>	7,02	7,00	29%
<b>Gruppe Trainiert</b>	6,96	7,73	38%

Wie in Abbildung 26 ersichtlich, decken die 9 Personen der Gruppe „Einfach“ (Gelbe Punkte) die gesamte Fläche mit ihren Erhebungen als Kollektiv ab, während sich die Erhebungen der 6 Personen der Gruppe „Trainiert“ (Rote Punkte) auf den unteren Viertel (P4, P5, P6) und in der Mitte konzentrieren (P1, P2, P3).



*Abbildung 26 Karte des Testgebiets mit den Erhebungspunkten der verschiedenen Ufergehölze durch die Citizen Scientists. Gelbe Punkte markieren die Erhebungen der Gruppe "Einfach" (n=9) rote Punkte die Erhebungen der Gruppe "Trainiert" (n=6) (geändert nach geoland.at, 2025).*

### 3.4 Feedback der Teilnehmenden

Die Rückmeldungen aller Teilnehmenden (Tabelle 8) zeigen, dass die Anleitungen grundsätzlich für beide Gruppen verständlich waren, jedoch in einigen Bereichen Optimierungspotenzial besteht.

Allgemein wurden die Fußnoten mit spezifischen Informationen als hilfreich hervorgehoben. Eine weitere Rückmeldung beschrieb, dass die Vielzahl der Aufgaben in der Gruppe „Einfach“ als herausfordernd wahrgenommen wurde und für eine „einfache“ Erhebung als zu komplex erschien. Zeitdruck wurde oft als Grund genannt, warum Tests gemeinsam durchgeführt (d.h. 1 Formular von 2 Personen), bestimmte Stellen ausgelassen oder Nährstoff-Proben zuhause gemacht wurden. Gründe dafür waren beispielsweise der Einbruch der Dunkelheit, die Zugverbindung oder da die gesamte Testzeit bereits viel Zeit in Anspruch genommen hat. Bei der Wasserqualitätsmessung traten mehrere Unklarheiten auf (v.a. bei der Gruppe „Einfach“). Der Zweck der Behältnisse war nicht sofort ersichtlich und die Anleitungen für das  $\text{PO}_4$ -Testkit (Packungsbeilage) war in wenigen Fällen nicht selbsterklärend. Der Farbvergleich bei der  $\text{PO}_4$ -Probe war für Einzelne zunächst unklar und wurde erst nach Durchführung des  $\text{NO}_3$ -Tests verständlicher. Unterschiedliche Testkits für  $\text{NO}_3$  und  $\text{PO}_4$  führten zu Verwirrung, ebenso wie die fehlende Erklärung, warum der Wassereimer vor Benutzung mehrmals ausgewaschen werden sollte. Es wurde erwähnt, dass aufgrund der zu grob aufgelösten Farbskala der Test-Kits ( $\text{NO}_3$  und  $\text{PO}_4$ ) Interpretationsspielraum bestand. Außerdem gab es eine Komplikation bei der Sauerstoffmessung: Die Wasserprobe färbte sich trotz der Zugabe von zwei vollen Spritzen nicht durchsichtig, was die Bestimmung des Sauerstoffgehalts erschwerte.

Bei der Libellenerhebung war unklar, wo genau im Untersuchungsgebiet (z. B. Gebüsch, Ufer oder Wiese) nach Libellen gesucht werden sollte. Eine weitere Rückmeldung hob hervor, dass eine Beschreibung zur Ablesung der GPS-Koordinaten fehlte. Die Aufgabe zur Bestimmung der Ufergehölze (Anhang A: Unterlagen der Citizen Scientists; Punkt 8 S.71) wurde als wenig intuitiv empfunden, da nur die deutschen Pflanzennamen notiert wurden, während die Website nur mit wissenschaftlichen Namen arbeitet. Zudem wurde die Website wegen ihrer schlechten Benutzeroberfläche am Smartphone als wenig hilfreich bewertet.

Die Teilnehmenden gaben verschiedene Verbesserungsvorschläge, um die Durchführung der Aufgaben effizienter und verständlicher zu gestalten. Allgemein wurde aus Gruppe „Einfach“ angeregt, mehr Verweise auf zusätzliche Informationsquellen (z. B. Websites) bereitzustellen. Ein weiterer Vorschlag bestand darin, die Aufgaben zu vertonen, um den Zeitaufwand zu verringern. Ähnlich regte die Gruppe „Trainiert“ an, eine Einführung in Person oder per Video anzubieten, um Unklarheiten zu klären und Zeit zu sparen, ergänzt durch eine kurze Testphase zur Vorbereitung. Weiters wurde vorgeschlagen, Ausfüllblätter und Anleitungen separat bereitzustellen, um ständiges Blättern zu vermeiden, sowie digitale Unterlagen anstelle einer Mappe zu verwenden. Einige

Teilnehmende regten an, eine ausführlichere Einführung bereitzustellen, die den Zweck der Aufgaben, die Nutzung der Ergebnisse sowie weiterführende Informationen zu den einzelnen Parametern verständlich erklärt. Für die Wasserqualitätsmessung wurde von der Gruppe „Einfach“ vorgeschlagen, die Behältnisse visuell zu erklären. Aus der Gruppe „Trainiert“ kam der Vorschlag, die Nitrat- und Phosphattests zu Hause durchzuführen, da dies nicht nur Zeit sparen würde, sondern auch eine sauberere und genauere Arbeitsweise ermöglichen könnte. Für die Anleitungen zur Libellenerhebung wurde von beiden Gruppen angeregt, visuelle Beispiele typischer Orte von Libellen einzufügen und klarer zu definieren, an welchen konkreten Bereichen die Beobachtungen durchgeführt werden sollen, um die Aufgaben verständlicher und gezielter zu gestalten. Bei der Bestimmung der Ufergehölze wurde angemerkt, dass die Nutzung einer Artenliste praktischer und schneller sei als die Verwendung einer App.

Die Teilnehmenden der Gruppe „Einfach“ empfanden, trotz einzelner Unklarheiten, die Aufgaben allgemein als gut durchführbar, hinsichtlich der Bewertung der drei Aufgaben gab es jedoch Unterschiede, welche am leichtesten bzw. schwierigsten war. Die Wasserqualitätsmessungen wurde aufgrund klarer Anleitungen und der einfachen Quantifizierbarkeit überwiegend als leicht bewertet, jedoch auch als zeitaufwendigste und umfangreichste Aufgabe beurteilt (vor allem von Gruppe „Trainiert“). Die Libellenerhebung wurde unterschiedlich beurteilt: Während eine Person die Aufgabe als einfach empfand, hatte eine andere aufgrund der hohen Beweglichkeit der Libelle Schwierigkeiten, die Merkmale zu erkennen. Ein großer Teil der Rückmeldungen wertete die Libellenaufgabe nicht, da kaum bis keine Exemplare gesichtet wurden. Die Bestimmung der Ufergehölze wurde ebenfalls unterschiedlich beurteilt: Während die Gruppe "Einfach" die Aufgabe überwiegend als schwierig empfand, insbesondere wenn es darum ging die Art genau zu bestimmen, bewertete die Gruppe "Trainiert" sie teils als einfach (z.B. da Bäume sich im Vergleich zu Libellen nicht bewegen), teils jedoch als aufwendig und langwierig. Es wurde angemerkt, die letzten zwei Aufgaben (Libellen und Ufergehölze) in wärmeren Monaten durchzuführen, da in der späteren Jahreszeit nur wenige Libellen gesichtet wurden und einige Bäume bereits mit dem Blattabwurf begonnen hatten.

Die größten Herausforderungen der Teilnehmenden ergaben sich vor allem aus äußeren Bedingungen und organisatorischen Aspekten. Die begrenzte Zeit insbesondere durch An- und Abreise (Zugverbindung) sowie der einsetzenden Dunkelheit, wurden als größte Herausforderung empfunden. Vor Ort erschwerten die Rückstände des Hochwasserereignisses (Weg teilweise noch unter Wasser), matschiges Gelände und Mückenbelastung die Durchführung der Aufgaben. Besonders herausfordernd für die Aufgaben der Wasserqualität war es für einige Personen, die Tests am Ufer des Altarms auf unebenem Untergrund und ohne festen Platz für die Materialien durchzuführen. Auch das sperrige Test-Kit (große Tasche) und das Fehlen eines Tisches (bzw. einer

Ablage) wurden hierfür als Herausforderung wahrgenommen. Bei den Aufgaben zu den Libellen führten unklare Zeitangaben und subjektiv beantwortbare Fragen zu Unsicherheiten. Bei der Bestimmung der Ufergehölze traten einzelne Schwierigkeiten auf, da die Flora-Incognita-App aufgrund fehlender Internetverbindung nicht genutzt werden konnte.

Tabelle 8 Übersicht über das Feedback zu den verschiedenen Aufgaben der Gruppe „Einfach“ in Grün (n=8) und Gruppe „Trainiert“ in Schwarz (n=3), unterteilt in die Kategorien: Verständlichkeit & Unklarheiten, Verbesserungsvorschläge, Reflexion und Größte Herausforderung

Kategorie	Allgemein	Anleitungen zur Wasserqualität	Anleitungen zur Libellenerhebung	Anleitungen zu den Ufergehölzen
Verständlichkeit & Unklarheiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anleitungen waren grundsätzlich verständlich</li> <li>zu viele Aufgaben zu erledigen</li> <li>Fußnoten waren sehr hilfreich, da anfangs unklar war, welche Informationen genau eingetragen werden sollten</li> <li>Anleitungen waren klar und verständlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zweck der Behältnisse nicht auf Anhieb klar</li> <li>Anleitungen des PO4 Testkits nicht verständlich</li> <li>Farbvergleich bei der PO4 Probe nicht klar, erst nach NO3 Versuch verständlich</li> <li>Unterschiedliche Testkits von NO3 und PO4 führten zu Verwirrung</li> <li>Erklärung fehlte, warum Wassereimer mehrmals ausgewaschen werden sollte</li> <li>Phosphat Schablone war schwierig zu finden</li> <li>Farbskala der Test-Kits hatte großen Interpretationsspielraum, weil Auflösung zu grob</li> <li>Zwei verschiedene Anleitungen im Testkit von NO3 führten zu Unklarheiten</li> <li>Testgerät putzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nicht sicher wo im Gebiet nachgeschaut werden soll (im Gebüsch, Ufer, oder Wiese)</li> <li>Unklar, wo die GPS-Koordinaten abgelesen werden können</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aufgabe (Punkt 8) nicht intuitiv: nur deutsche Namen notiert, Webseite mit schlechter Benutzeroberfläche</li> </ul>
Verbesserungsvorschläge	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mehr Verweise auf Informationen (z.B. Websites) wären hilfreich</li> <li>Aufgaben audieren, um Zeitaufwand zu verkürzen</li> <li>Telefonnummer für akute fragen angeben</li> <li>Ausfüllblätter und Anleitungen separat, um ständiges Blättern zu vermeiden</li> <li>Anstelle einer Mappe, digitale Unterlagen</li> <li>Mehr Einleitung: Zweck der Aufgaben, Nutzung der Ergebnisse, Besonderheiten des Standorts erklären</li> <li>Informationsmaterial beifügen, um mehr Wissen zu vermitteln</li> <li>Einführung in Person oder als Video zur Zeitersparnis und Klärung von Unklarheiten</li> <li>Vorherige Einführung mit Test-Erklärungen und kurzes austesten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Behältnisse visuell erklären</li> <li>NO<sub>3</sub>-Test vor PO<sub>4</sub>-Test durchführen, da Anleitung intuitiver</li> <li>Ergänzung von Informationen zu Grenzwerten für Phosphat und Nitrat sowie Erklärungen zu den Ursachen erhöhter Konzentrationen</li> <li>Equipment sauber halten</li> <li>NO<sub>3</sub>-&amp;PO<sub>4</sub>-Test zuhause durchführen, kein Tisch vor Ort, dauert lange, höhere Genauigkeit</li> <li>Vorschlag die Nitrat und Phosphat tests zuhause zu machen um Zeit zu sparen, zudem ist es zuhause viel einfacher sauber und genau zu arbeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erklärung zum Nutzen von Libellen und Informationen über den Rückgang ihrer Population ergänzen</li> <li>visuelle Beispiele (z.B. typische Orte von Libellen)</li> <li>klarer definieren wo genau Libellenbeobachtung durchführen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>keine App verwendet, die Artenliste ist viel praktischer und schneller</li> </ul>
Reflexion	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tests in den wärmeren Monaten durchführen</li> <li>Alle Aufgaben waren einfach durchführbar, keine große Herausforderung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einfache Aufgabe, da klare und genau Anleitungen vorgegeben waren</li> <li>Aufgabe am leichtesten durchführbar</li> <li>Aufgabe schwierig, da sie am meisten Aufwand erforderte</li> <li>Aufgabe am leichtesten, da kein Vorwissen nötig ist und gut quantifizierbar</li> <li>Schwierige Aufgabe, da sehr umfangreich und zeitaufwendig</li> <li>Aufgabe am leichtesten, da genaue Angaben und Antwortmöglichkeiten vorhanden</li> <li>Aufgabe sehr aufwändig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>kaum Libellen gesehen, vermutlich wegen später Jahreszeit</li> <li>Libellen Aufgabe am einfachsten</li> <li>Schwierige Aufgabe, da Libellen sehr beweglich sind und nicht lange ruhig bleiben - Merkmale deshalb schwierig zu erkennen; leider nur wenige gefunden</li> <li>Aufgabe nicht bewertbar, da keine Libellen vorhanden waren</li> <li>Libellenaufgabe sehr glücksabhängig und von äußeren Einflüssen stark abhängig</li> <li>keine Libellen gefunden, da zu späte im Gebiet angekommen (Dunkelheit)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Späte Jahreszeit: Bäume haben bereits mit Blattabwurf begonnen</li> <li>Ufergehölze am schwierigsten</li> <li>Hilfestellungen mit App praktisch und daher leichtere Aufgabe</li> <li>Schwierigste Aufgabe, da exakte Artenbestimmung schwierig ist; Bestimmung auf Artenniveau für Laien immer schwierig</li> <li>Aufgabe sehr einfach, da Bäume statisch</li> <li>Einfache Aufgabe, da Bäume sich nicht bewegen und eindeutige Bestimmung daher gut möglich</li> <li>Aufgabe am schwierigsten, da sehr aufwendig und langwierig</li> <li>Einfachste Aufgabe</li> </ul>

Größte Herausforderung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hin- und Rückfahrt</li> <li>• keine großen Herausforderung</li> <li>• Hochwasser und Mücken</li> <li>• Zeit bzw. Dunkelheit &amp; Anreise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Am Ufer vom Altarm zu hocken und dort unter Mückenbelagerung und auf unebenem Untergrund die Tests zu machen</li> <li>• Im matschigem Gelände Tests durchführen; kein Platz um Gegenstände zu platzieren</li> <li>• Zum Untersuchungsgebiet durch Schlamm und Pfützen gelangen</li> <li>• Überblick zu bewahren und Kit ist sehr sperrig</li> <li>• Die verschiedenen Tests ohne Tisch/ festen Untergrund durchzuführen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zu viele subjektiv beantwortbare Fragen- unklare Zeitangabe</li> <li>• Die Bäume richtig zuzuordnen ( App nicht verwendet)</li> <li>• Erkennen der Pflanzen und genaue Position Bestimmung</li> <li>• Flora App war nicht zu verwenden aufgrund v. nicht verfügbarer Internetverbindung</li> </ul>
------------------------	---	---	---

Weiteres Feedback, das nicht in Tabelle 8 dargestellt ist, betont vor allem den bewussten Herbstspaziergang und die Gelegenheit, die Natur vor Ort intensiv zu erleben, als persönliche Highlights der Teilnehmenden. Besonders hervorgehoben wurden zudem die Einblicke in die ökologische Messdatenerhebung, insbesondere im Zusammenhang mit der Wasserqualität. Die Rückmeldungen zeigen, dass den Teilnehmenden vor allem die praktischen Aufgaben zur Wasserqualität besonders gut gefallen haben. Hierbei wurden Aspekte wie Wasserproben, Nährstoffanalysen ( $\text{PO}_4$ - und  $\text{NO}_3$ -Tests), die Nutzung einer Mini-Secchi-Röhre sowie der direkte Vergleich der Wasserqualität zwischen Fluss und Altarm als besonders interessant empfunden. Ansonsten wurde noch positiv hervorgehoben, dass der Ort mit dem Zug gut erreichbar ist und sich der Ausflug ideal als Tagesaktivität eignet. Es wurde erwähnt, dass die Hin- und Rückfahrt mehr als 4 Stunden in Anspruch nahm. Insgesamt wurde jedoch von vielen betont, dass die gesamte Aktivität, trotz des hohen Zeitaufwandes, Spaß gemacht hat und das Bewusstsein zu den beprobten Parametern nach der Erhebung geschärft wurde.



## 4 Diskussion

### 4.1 Wasserqualität

Die Ergebnisse der Testkits zur Nährstoffanalyse ( $\text{NO}_3$  &  $\text{PO}_4$ ) und des gelösten Sauerstoffes (gel.  $\text{O}_2$ ) zeigen keine hohe Übereinstimmung mit den wissenschaftlich erhobenen Werten. Auffällig ist hier die hohe Variabilität der Citizen Science-Daten. Die Daten der wissenschaftlichen Methode zeigen, dass es zwischen den Tagen zu größeren Schwankungen kommen kann, was sich auch in den Daten der Citizen Scientists widerspiegelt, jedoch weichen einige Citizen Science-Werte deutlich innerhalb derselben Gruppe, zwischen den Gruppen und im Vergleich zur wissenschaftlichen Methode ab. Im Vergleich zu den wissenschaftlichen Daten ist jedoch auch zu beachten, dass die Konzentrationen von Stickstoff- und Phosphorverbindungen in Wasserproben insbesondere durch biologische Aktivitäten während des Zeitraums zwischen Probenahme und Analyse beeinflusst werden können (ISO, 2024). Die Werte für den gelösten Sauerstoff wurden hingegen direkt vor Ort gemessen und zeigen den Wert ohne Verzögerung.

Die beobachteten Schwankungen der Citizen Science-Daten deuten darauf hin, dass die Testkits der Citizen Scientists keine durchgehend genauen und konsistenten Daten liefern, weshalb Einzelwerte für präzise Messungen nur eingeschränkt geeignet sind. Aufgrund dieser Einschränkungen konnte die Hypothese, dass die verwendeten Testkits den Zustand der Wasserqualität ausreichend beschreiben können, nicht bestätigt werden. Dennoch waren die Testkits beider Gruppen in der Lage, größere Einflüsse, wie den starken Effekt des Hochwasserereignisses, zu erfassen. Storey et al. (2016) zeigten ebenfalls auf, dass Messungen von gelöstem Sauerstoff und Nitrate durch Freiwillige zwar hilfreich sind, um größere Veränderungen oder Trends in der Wasserqualität zu erkennen, jedoch nicht präzise genug, um feine Unterschiede oder detaillierte Analysen zuverlässig zu ermöglichen. Zudem können methodische Unterschiede, wie variierende Probenahmezeiten, unterschiedliche Messgeräte oder Protokolle, zu Variabilität in den Daten führen (Albus et al., 2019). Es ist jedoch auch zu beachten, dass Wasserqualitätsdatensätze im Allgemeinen durch Inkonsistenzen wie fehlende Werte, Ausreißer und zensierte Werte geprägt sind. Diese Probleme entstehen sowohl durch zufällige als auch systematische Fehler, die in verschiedenen Phasen eines Monitoring-Programms auftreten können (Rangeti et al., 2015).

Während in der Literatur erwähnt wird, dass Citizen Scientists in der Lage sind, Wasserqualitätsdaten mit hoher Übereinstimmung zu professionellen Messungen zu erheben (Albus et al., 2019; Dyer et al., 2014; Hoyer et al., 2012; Safford und Peters, 2018), konnte dies in dieser Untersuchung nicht eindeutig gezeigt werden. Allerdings ist zu beachten, dass die Stichprobengröße in dieser Untersuchung mit etwa 15 Proben pro Gewässer vergleichsweise sehr klein war. Im Gegensatz dazu



basieren andere Studien auf einer deutlich größeren Anzahl von Teilnehmenden und Proben (siehe Albus et al., 2019). Auch der Probezeitraum dieser Untersuchung ist mit etwa 3 Monaten vergleichsweise kurz. Zudem war die Untersuchung durch ein extremes Umweltereignis beeinflusst, was in der Regel zu Schwankungen in der Wasserqualität führt (Knapp et al., 2020). Es wäre daher sinnvoll, die Untersuchung mit einer größeren Anzahl an Teilnehmenden und an Proben sowie unter stabileren Umweltbedingungen zu wiederholen.

Ein Unterschied zwischen den beiden Citizen Science-Gruppen bestand darin, dass die Testkits der Gruppe „Einfach“ schneller anzuwenden waren und tendenziell niedrigere Werte für  $\text{NO}_3$  und  $\text{PO}_4$  erfassten. Die niedrigeren  $\text{PO}_4$ -Werte dieser Gruppe sind womöglich auf die begrenzte Nachweisgrenze von 0,14 mg/L des Testkits selbst zurückzuführen. Die Testkits der Gruppe „Trainiert“ hingegen waren aufwendiger in der Anwendung, sensibler für Messfehler und erforderten eine präzisere Handhabung, lieferten dafür jedoch genauere Ergebnisse (mehr Dezimalstellen) und erfassten einen größeren Wertebereich.

Aufgrund der inkonsistenten Werte der Nährstoff- und Sauerstoffanalysen, wie beispielsweise stark abweichende hohe oder niedrige Messungen am selben Tag, konnte die Hypothese, dass die Citizen Science Daten eine hohe innere Konsistenz zeigen und in sich stimmig sind, für diesen Teil nicht bestätigt werden. Eine mögliche Ursache für die inkonsistenten Daten könnten Anwendungsfehler durch die Citizen Scientists sein, wie z. B. ungenaue Mengenzugaben oder Übersehen von Details in den Anleitungen. Auch die Probenahmestellen könnte eine Rolle spielen, beispielsweise wenn Proben mit aufgewirbeltem Material oder aus Bereichen genommen werden, die nicht repräsentativ für den Gesamtzustand sind.

Die geringe Übereinstimmung könnte auch auf die Sensitivität der Testkits zurückzuführen sein, welche in einigen Fällen unzuverlässig oder unpräzise gemessen haben. Wie in Ramírez et al. (2023) beschrieben, liefern einfache Testkits mit Farbskalen (wie in Gruppe „Einfach“ angewendet) oft nur Daten für spezifische Konzentrationsbereiche, was die Genauigkeit einschränkt. Im Gegensatz dazu lieferte das Messgerät der Gruppe „Trainiert“ zwar präzisere Messungen, allerdings wurden hier in einigen Fällen nur Wertebereiche angezeigt, was möglicherweise auf Fehler durch die anwendenden Personen oder das Gerät selbst zurückzuführen ist.

Die Daten zeigten jedoch auch, dass einige Citizen Science-Messwerte geringere Schwankungen aufwiesen. Dies deutet darauf hin, dass die Testkits bei sorgfältiger Anwendung und durch geübte Personen eine höhere Datenqualität liefern können. Viele erfolgreiche Citizen Science-Programme zur Überwachung der Wasserqualität zeigen, dass Schulungen im Vorfeld die Datenqualität deutlich verbessern können (Albus et al., 2019). Bereits eine einmalige gemeinsame praktische Anwendung der Testkits im Vorfeld könnte daher die Präzision der Messungen erhöhen. Dies gilt insbesondere für

die Methode der Gruppe „Trainiert“, da das Testkit in diesem Fall komplexer ist und eine sorgfältigere Arbeitsweise erfordert. Auch in Bezug auf die Zeit könnte ein Testversuch im Vorfeld dazu beitragen, dass die Citizen Scientists ihre Messungen zeiteffizienter durchführen. Dies ist besonders wichtig, da die Erhebung der Wasserparameter durch die Citizen Scientists viel Zeit in Anspruch nahm, wodurch möglicherweise weniger Zeit für andere Aufgaben zur Verfügung stand.

Ein limitierender Faktor ist, dass bestimmte Citizen Science-Werte nicht überprüft oder validiert werden können, da nur ein einzelner Tageswert vorliegt. Bei Messreihen mit mehreren Werten pro Tag könnten Werte, die deutlich kleiner oder größer als die üblichen Ergebnisse sind, besser als Ausreißer identifiziert werden. Dies ist besonders wichtig, da selbst bei einem klar definierten Monitoring-Protokoll fehlerhafte Werte auftreten können und Ausreißer in Wasserqualitätsdaten ein häufiges Phänomen sind (Rangeti et al., 2015). Konkret wäre es bei einem erneuten Versuch optimal, mindestens zwei Citizen Science-Proben pro Tag zu erheben und die Messungen so zu koordinieren, dass innerhalb derselben Woche mehrere Testungen stattfinden, um die Ergebnisse damit insgesamt zuverlässiger zu machen. Des Weiteren sollten präzise Referenzproben (d.h. Laborproben) zu Beginn, in der Mitte und am Ende der Testperiode entnommen werden, um den Zeitraum der Citizen Science Testungen vollständig abzudecken.

Die Ergebnisse zur Wassertrübheit zeigen Ähnlichkeiten zu den Testkits, jedoch sind die Schwankungen weniger stark ausgeprägt. Es gibt sowohl abweichende Werte am selben Tag als auch konsistente Messungen. Kleine Abweichungen können durch subjektive Einschätzungen der Teilnehmenden entstehen, da es von Person zu Person unterschiedlich sein kann, ab welchem Punkt die Schwarz-Weiße Markierung in der Secchi-Röhre als nicht mehr sichtbar wahrgenommen wird. Faktoren wie die Lichteinstrahlung, die sich je nach Tageszeit ändern kann, können die Messungen potenziell beeinflussen (Preisendorfer, 1986). In dieser Untersuchung konnte jedoch kein eindeutiger Zusammenhang zwischen den Messergebnissen und der Tageszeit festgestellt werden. Wie bei den Testkits ist die Probenahme entscheidend: Je nach Probestelle und Vorgehen (z. B. Aufwirbeln von Material) können die Werte leicht variieren. Dies zeigt sich besonders im Altarm, wo die Trübheit größere Variabilität und meist höhere Werte aufweist, während die Werte im Fluss stabiler und weniger variabel sind. Diese Beobachtung stimmt mit Erkenntnissen aus der Literatur überein, die zeigen, dass bei niedrigeren Schwebstoffkonzentrationen eine höhere Übereinstimmung der Trübungsmessungen erzielt wird (Ramírez et al., 2023). Die Citizen Science-Daten zeigen außerdem tendenziell höhere NTU-Werte nach dem Hochwasserereignis, was darauf hinweist, dass durch die Methode stärkere Veränderungen erkennbar sind.

Die Beobachtungen der Citizen Scientists zur Wasserfarbe waren meist einheitlich, was auf konsistente Ergebnisse hinweist. Unterschiede zwischen Tage und Uhrzeiten sind auf natürliche Schwankungen wie variierende Lichtverhältnisse, Sedimentaufwirbelung oder biologische Prozesse

zurückzuführen (Kirk, 2010). Vereinzelt traten Unterschiede zur gleichen Tageszeit auf, möglicherweise aufgrund individueller Farbwahrnehmung oder der meist schwach ausgeprägten Wasserfarbe, die eine genaue Bestimmung erschwerte. Ähnlich verhielt es sich bei der Wahrnehmung von Gerüchen, die insgesamt konsistente Ergebnisse zeigten, mit gelegentlich unterschiedlichen Beschreibungen. Um subjektive Geruchsempfindungen zu reduzieren, könnte es hilfreich sein, in den Anleitungen eine Referenzskala für Gerüche hinzuzufügen (siehe McGinley et al., 2000, Figure 4).

Die qualitativen Beschreibungen der Citizen Scientists weisen keine groben Unterschiede auf und die gesammelten Beschreibungen sind ausreichend, um den Ort zu charakterisieren. Die Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass eine freie Texteingabe zu unterschiedlichen Formulierungen führt, sodass bei einzelnen Beschreibungen nur Details genannt wurden und offensichtliche Merkmale (wie z. B. Bäume, Totholz im Wasser) ausgelassen wurden. Dies könnte optimiert werden, indem in den Protokollen eine Liste an Auswahlmöglichkeiten ergänzt wird, kombiniert mit einer zusätzlichen Box für offene Nennungen. Zwar waren bereits Vorschläge für die Beschreibungen in den Protokollen vorhanden, welche auch von den testenden Personen verwendet wurden, jedoch traten vereinzelt ausgelassene Angaben auf. Dies könnte nicht nur die Aufgabe effizienter gestalten, sondern auch die Auswertung standardisieren. Ähnliches gilt für Mengenangaben (z. B. "viel" oder "wenig Totholz" oder „starke“ oder „schwache“ Strömung). Diese könnten durch eine konkretere Beschreibung der Mengenangaben präzisiert werden.

## 4.2 Libellen

Die Citizen Science-Daten zu den Libellen zeigen keine hohe Übereinstimmung mit den wissenschaftlich erhobenen Daten. Die Daten beschränken sich größtenteils auf die Subordnungsebene oder einzelne, spezifische Nennungen, die jedoch nicht bestätigt werden konnten. Zum einen waren kaum Fotobelege der Citizen Scientists vorhanden, zum anderen war die Qualität der wenigen Fotobelege meist zu niedrig, um die Art zu verifizieren.

Die Hypothese, dass die Citizen Science-Daten eine hohe innere Konsistenz aufweisen und in sich stimmig sind, konnte daher aufgrund der teilweise ungenauen und begrenzten Daten nur teilweise bestätigt werden. Mit der getesteten Methode wurden insgesamt, mit einzelnen Ausnahmen, nur wenige Funde pro Person gemacht.

Die Hypothese, dass die Citizen Science-Daten spezifische Trends und Muster erkennen können, konnte nur teilweise bestätigt werden, da dafür nicht ausreichend Daten vorlagen. Dennoch zeigten die Daten, dass in wärmeren Monaten mehr Funde gemacht wurden. Für eine zuverlässige

Trendüberwachung sind jedoch grundsätzlich mehrjährige, standardisierte Datenerhebungen erforderlich (Montgomery et al., 2020).

Die Methode der Citizen Scientists, wie das Beschreiben von Farben, zeigt, dass verschiedene Libellen wahrgenommen wurden. Allerdings kann die Einschätzung der Farben durch die subjektive Wahrnehmung unterschiedlich ausfallen. So könnten Rot- und Orangetöne je nach Lichtverhältnissen unterschiedlich wirken, sodass dieselbe Libellenart von einer Person als Rot und von einer anderen als Braun beschrieben wird, da die Farben ähnlich sind und nicht immer eindeutig zu erkennen sind. Stärkere Farbkontraste in den Beobachtungen, wie beispielsweise blau, lassen dann eher auf eine unterschiedliche Art schließen. Farben sind jedoch kein verlässliches Merkmal für eine genaue Artenbestimmung, da verschiedene Arten dieselbe Farbe haben können. Zudem wird die Bestimmung dadurch erschwert, da sich die Farben bei vielen Arten je nach Alter oder Geschlecht verändern können (Bellmann und Helb, 2022; Dijkstra et al., 2021). Die Methode zielte darauf ab, durch die Kombination von Farbmerkmalen und der Beschreibung spezifischer Merkmale eine genauere Bestimmung der Art zu ermöglichen. Allerdings nannten die Citizen Scientists häufig eher allgemeine statt spezifische Merkmale. Beispielsweise wurde das Merkmal "sehr große Augen" genannt, das jedoch auf die meisten Großlibellen zutrifft und daher wenig differenzierend ist. Die Hypothese, dass mit der Citizen Science-Methode eine Artenvielfalt von Libellen im Untersuchungsgebiet festgestellt werden kann, konnte daher nur eingeschränkt bestätigt werden.

Dies unterstreicht die Notwendigkeit, den Citizen Scientists die relevanten Bestimmungsmerkmale, wie beispielsweise spezifische Muster am Brustkorb oder die Färbung der Beine, in den Anleitungen zu spezifizieren. Generell sollten charakteristische Merkmale von Familien oder Artengruppen in den Anleitungen klarer und deutlicher hervorgehoben werden, um die Bestimmung zu erleichtern (Artenspezifische bzw. zumindest für die Gattung oder Familie spezifische Merkmale in den Protokollen bereits als Checkliste bereitstellen). Ein positives Beispiel hierfür ist die klare Beschreibung der Unterschiede zwischen Groß- und Kleinlibellen, die in diesem Fall bereits gut umgesetzt wurde.

Ein limitierender Faktor war der Einfluss des Hochwasserereignisses und die anschließenden niedrigen Temperaturen. Nach dem Hochwasser kamen deutlich weniger Libellen vor Ort vor, was die Sichtung vor allem für ungeübte Teilnehmende zusätzlich erschwerte. Dies bestätigte sich auch in den Ergebnissen, da viele Citizen Scientists in diesem Zeitraum keine Libellen vorfanden. Zusätzlich gab es häufiger Schwierigkeiten bei der gezielten Suche nach Libellen, da unklar war, wie und wo diese am besten zu finden sind. Daher sollte in den Anleitungen genauer erklärt werden, wo und wie nach Libellen gezielt gesucht werden kann.

Die Ergebnisse weisen auf einen weiteren wichtigen Faktor hin: An einem Tag fand eine Person, die bereits zuvor eine Libellenerhebung durchgeführt hatte, zahlreiche Libellen, während zwei unerfahrene Personen, die noch nie eine Erhebung gemacht hatten, am selben Tag keine Libellen entdeckten. Diese Beobachtung stimmt mit der Literatur überein, die zeigt, dass Vorkenntnisse und Übung die Genauigkeit und Konsistenz der erhobenen Daten verbessern kann (Lewandowski und Specht, 2015). Jedoch ist auch die Tageszeit der Erhebungen zu berücksichtigen. Viele Null-Funde der Citizen Scientists fanden zu späteren Tageszeiten statt. Libellenzählungen sollten hingegen während der Hauptaktivitätszeiten der Libellen, meist in den wärmeren und helleren Stunden des Tages, durchgeführt werden (Bried et al., 2020). Dies sollte in den Anleitungen klarer definiert werden, um eine bessere Standardisierung der Erhebungen sicherzustellen.

Die Unterschiede zwischen den beiden Citizen Science Methode lagen vor allem in der Anzahl der Funde. Während sich die Gruppe "Einfach" im gesamten Gebiet frei bewegen konnte und somit die Möglichkeit hatte so lange zu suchen, bis ein Fund gemacht wurde, war die Gruppe "Trainiert" auf die Länge ihres Transekts beschränkt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Gruppe "Einfach" insgesamt mehr Funde verzeichnete, wobei die meisten dieser Funde in den wärmeren Monaten gemacht wurden, als noch viele Libellen vor Ort waren. In der Gruppe „Einfach“ war nicht die Strecke, sondern die Kombination aus Strecke und investierter Zeit entscheidend für die Anzahl der Libellenfunde. Ein Optimierungsvorschlag für diese Gruppe wäre daher, in den Anleitungen eine Mindestbeobachtungsdauer festzulegen (>15min). Für die Gruppe „Trainiert“ wäre es sinnvoll, ein Minimum von zwei Transekten vorzugeben, um zu vermeiden, dass Flächen ohne Libellen die Ergebnisse zu stark beeinflussen.

Aus der Untersuchung ergeben sich zwei weitere Optimierungsmöglichkeiten zur Verbesserung der Methode: Das bestehende Protokoll wird ergänzt durch ein Handbuch zur Bestimmung der häufigsten Libellenarten. Dieses Handbuch sollte klare Merkmale und Farbbeschreibungen enthalten, die den Teilnehmenden eine zuverlässige Identifikation ermöglichen. Dafür bietet sich das Konzept des "Just-in-time Training" an, bei dem Freiwillige direkt während der Datenerhebung geschult werden (Kosmala et al., 2016). Beispielsweise werden im Citizen Science-Projekt „Snapshot Serengeti“ ungeschulten Freiwilligen Bestimmungshilfen bereitgestellt, die sie anhand morphologischer Merkmale bei der Identifikation von Arten unterstützen (Swanson et al., 2016). Im Citizen Science-Projekt „eBird“ werden dynamische Eingabeformulare genutzt, die den Freiwilligen die häufigsten Vogelarten für ihren jeweiligen Standort und die aktuelle Zeit anzeigen (Sullivan et al., 2014).

Alternativ wird den Teilnehmenden eine hochwertige Kamera mit Teleobjektiv zur Verfügung gestellt (oder als Teilnahmevoraussetzung festgelegt), um hochwertige Fotos der Libellen zu machen. Dies bietet den Vorteil, dass feine Details der Libellen besser erkennbar sind und eine Bestimmung

insbesondere auch im Nachgang möglich wäre. Die Fotos könnten zudem von Fachpersonen identifiziert bzw. verifiziert werden, beispielsweise über Plattformen wie *naturbeobachtung.at*. Diese Option würde sich beispielsweise für die Gruppe „Trainiert“ eignen, da diese Personen meist enger in das Projekt eingebunden sind und das Equipment damit besser organisiert werden kann.

Unabhängig von der gewählten Option ist es jedoch essenziell, den Teilnehmenden eine kurze Schulung, entweder in Form von Informationsmaterialien (bspw. Videos) oder persönliche Einschulungen, anzubieten. Diese sollten die wichtigsten Merkmale von Libellen sowie Tipps zur gezielten Beobachtung vermitteln. Außerdem sollte darauf geachtet werden, die Untersuchung in wärmeren Monaten ( $>20^{\circ}\text{C}$ ) durchzuführen. In der Literatur wird außerdem empfohlen, die Libellenerhebung einmal pro Jahr am selben Ort durchzuführen und idealerweise in den folgenden Jahren zu wiederholen. Die Zählungen sollten dabei innerhalb der Aktivitätsperiode der Zielarten durchgeführt werden und möglichst immer zur gleichen Zeit im Jahr (Bried et al., 2020).

### 4.3 Ufergehölze

Bei den Gehölzen zeigen sich größere Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Die Gruppe „Einfach“ erreichte mit 72 % Artenabdeckung fast die Zielvorgabe der Hypothese, dass mit der Citizen-Science-Methode über 80 % der im Untersuchungsgebiet vorkommenden Gehölzarten erfasst werden können. Berücksichtigt man, dass die drei nicht gefundenen Arten nur in sehr geringer Individuenzahl ( $<3$  Individuen) vorkommen, zeigt die Methode eine hohe Übereinstimmung. Zwar gab es leichte Unterschiede in der Häufigkeit und einige Bestimmungsfehler seitens der Citizen Scientists, jedoch stimmen die Feuchteindikatoren der Gruppe „Einfach“ weitgehend mit den wissenschaftlichen Daten überein. Dadurch kann das Gebiet zuverlässig anhand seiner ökologischen Zeigerwerte charakterisiert werden, ohne dass die Fehler der Citizen Scientists einen nennenswerten Einfluss haben.

Die Gruppe „Trainiert“ konnte mit einer Artenabdeckung von 36 % die Hypothese, dass mit der Citizen-Science-Methode über 80 % der im Untersuchungsgebiet vorkommenden Gehölzarten erfasst werden können, nicht bestätigen. Dies wird besonders an der Anzahl der Teilnehmenden deutlich: Obwohl die Gruppe mit 6 Personen nur geringfügig kleiner war als die Gruppe „Einfach“ (8 Personen), wurden deutlich weniger Arten erfasst. Ähnlich wie bei den Libellen war die Gruppe durch die festgelegten Transekte stärker eingeschränkt, wodurch das Gebiet weniger umfassend abgedeckt werden konnte. Trotz der geringeren Artenanzahl zeigt der Vergleich mit den wissenschaftlichen Daten eine gute Übereinstimmung in Bezug auf die ökologischen Zeigerwerte. Die Fehler der Citizen Scientists wirken sich hier zwar etwas stärker aus, dennoch ermöglicht die Methode eine korrekte Beschreibung des Gebiets anhand der Feuchteindikatoren. Dabei sollte

jedoch berücksichtigt werden, dass individuelle Fehler bei einer kleinen Stichprobengröße von nur 6 Personen einen stärkeren Einfluss auf die Ergebnisse haben können.

Die Hypothese, dass die Citizen Science Daten eine hohe innere Konsistenz zeigen und in sich stimmig sind, kann bei den Gehölzen weitgehend bestätigt werden. Die Daten zeigen keine starken Abweichungen und die Ergebnisse der Citizen Scientists stimmen in Bezug auf die Feuchteindikatoren mit den wissenschaftlichen Daten überein. Die Citizen Science-Daten konnten keine spezifischen Trends oder Muster in den Artenzusammensetzungen oder Häufigkeiten aufweisen. Daher konnte diese Hypothese für die Untersuchung der Gehölze nicht eindeutig bestätigt werden.

Basierend auf den Ergebnissen wäre es sinnvoll, ausschließlich die Methode „Einfach“ anzuwenden. Das Untersuchungsgebiet ist bereits klar abgegrenzt und könnte somit – ähnlich wie bei der Methode „Trainiert“ – als ein großes Transekt betrachtet werden. Die App stellt bereits ein hilfreiches Werkzeug zur Pflanzenbestimmung dar, könnte jedoch durch gezielte Bestimmungshilfen in den Anleitungen ergänzt werden, insbesondere für Arten mit hoher Verwechslungsgefahr, wie z. B. Erle und Ulme, Götterbaum und Esche oder artspezifisch Feld- und Flatterulme.

Ein Vorschlag, um die Methode zu optimieren und gleichzeitig zu standardisieren wäre, Elemente aus dem Citizen-Science-Projekt „RiVe“ zu integrieren (siehe Gumiero et al., 2023). Eine Auswahl von Zielarten würde beispielsweise die Anzahl der von Citizen Scientists zu beobachtenden Arten eingrenzen. Die Informationsinhalte könnten damit auf eine kleinere, klar definierte Artengruppe fokussiert werden und die Bestimmung für die Freiwilligen könnte damit erleichtert werden. Die Integration der Erfassung von toten oder verrottenden Bäumen könnte eine Optimierung in der Aussagekraft der Daten darstellen, da dies ein wichtiges ökologisches Merkmal ist. Ein weiterer Vorschlag wäre, die Bewertung der Struktur des Uferwaldes in die Methode aufzunehmen, um Einblicke zu erhalten, wie stark ein Wald durch menschliche Eingriffe geprägt ist. Schließlich könnte die Einführung eines Index-Scores (wie im RiVe - Projekt angewendet) helfen, präzisere Aussagen über den Zustand eines Auwaldes zu treffen (Gumiero et al., 2023). Zusätzlich kann die Nutzung einer etablierten App die Datenerfassung für die Teilnehmenden erleichtern (Pocock et al., 2017). Beispielsweise indem sie die Eingabe von GPS-Koordinaten vereinfacht und gleichzeitig die Auswertung unterstützt, indem Doppelnennungen der Citizen Scientists besser identifiziert werden können.

## 4.4 Eignung und Aussagekraft

In Bezug auf die Hypothese, ob die gewählten Qualitätsindikatoren zuverlässige Aussagen über den Zustand des Feuchtgebietes ermöglichen und sich für Citizen Science eignen, fällt die Bewertung

unterschiedlich aus: Grundsätzlich konnten alle drei Qualitätsindikatoren – unabhängig von den erzielten Ergebnissen – von den Teilnehmenden erfolgreich untersucht werden. Es gab keine Hindernisse, die darauf hingewiesen haben, dass bestimmte Aufgaben zu komplex oder ungeeignet für die Durchführung durch Citizen Scientists waren. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass alle teilnehmenden Personen einen akademischen Hintergrund hatten und somit zumindest grundlegend mit wissenschaftlichen Methoden vertraut waren. Dies ist ein häufig vorkommender Citizen Science-Bias und sollte in zukünftigen Untersuchungen stärker berücksichtigt werden, um die Generalisierbarkeit der Ergebnisse zu erhöhen (Kosmala et al., 2016).

Aussagekräftige Daten wurden vor allem durch die Methode der Ufergehölze gewonnen. Die Citizen Science-Daten beschreiben die Artenzusammensetzung im Gebiet zuverlässig und können die mithilfe ökologischen Zeigerwerte vorherrschenden Feuchtebedingungen korrekt wiedergeben. Die Citizen Science-Daten zur Wasserqualität weisen hingegen eine zu hohe Ungenauigkeit auf und können daher nur begrenzte Aussagen über das Gebiet geben. Die Citizen Science-Daten zu den Libellen ermöglichen zwar eine oberflächliche Erfassung der Artenvielfalt, für genauere Aussagen wäre jedoch eine Wiederholung unter wärmeren Temperaturen und unter stabileren Umweltbedingungen (d.h. kein Hochwasser) erforderlich. Für die Bewertung der Wasserqualität und der Libellen ist es daher notwendig, die zuvor vorgeschlagenen Verbesserungen in die Methode zu integrieren, um die Datenqualität zu steigern, um damit zuverlässigere Aussagen zu ermöglichen. Die Ergebnisse dieser zwei Methoden deuten auf einen häufig geäußerten Kritikpunkt hin, dass Citizen Science-Daten oft durch hohe Variabilität und Ungenauigkeit gekennzeichnet sind. Diese Herausforderung kann jedoch in einigen Fällen durch das Sammeln einer ausreichend großen Datenmenge gemindert werden, da sich zufällige Fehler besser ausgleichen und die Ergebnisse dadurch zuverlässiger werden (Bird et al., 2014).

Ein positives Ergebnis dieser Untersuchung zeigt sich darin, dass die Citizen Scientists trotz der Größe des Testgebiets und ohne die Vorgabe, alle Bereiche abdecken zu müssen, das gesamte Testgebiet als Kollektiv abgedeckt haben (z. B. bei den Libellenerhebungen und der Erfassung der Ufergehölze). Dies verdeutlicht das Potenzial von Citizen Science-Methoden, umfassende Datenerhebungen auf größere Flächen effektiv zu ermöglichen (Dickinson et al., 2010).

Das größte Hindernis während der Untersuchung war das Hochwasserereignis, welches das Testgebiet stark beeinträchtigte. Das Gebiet war zeitweise vollständig überflutet und dadurch unzugänglich. Auch nach dem Rückgang des Hochwassers war der Zugang an einigen Stellen noch mehrere Tage lang durch knietiefes Wasser versperrt, was den Weg zum Testgebiet verlängerte und den Teilnehmenden wertvolle Zeit nahm. Die krautige Schicht im Testgebiet war vollständig abgestorben, wodurch die Ufergehölze jedoch leichter zugänglich waren. Die drei Methoden konnten trotz den erschwerten Bedingungen angewendet werden.



Solche äußeren Faktoren können jedoch sowohl die Datenqualität als auch die Motivation der Teilnehmenden beeinflussen. Ein Beispiel dafür ist die stark angestiegene Mückenpopulation nach den Überschwemmungen, die laut Teilnehmenden ihre Konzentration während der Versuche beeinträchtigte. Hochwasserereignisse sollten somit bei der Planung von Citizen Science-Projekten berücksichtigt werden, da sie sowohl die Bedingungen vor Ort als auch die Durchführung durch die Teilnehmenden beeinflussen können.

Die Effizienz von Citizen Science-Projekten wird grundsätzlich optimiert, wenn die erforderlichen Aufgaben schnell erlernt und umgesetzt werden können (Senabre Hidalgo et al., 2021). Zwar waren die einzelnen Aufgaben je Qualitätsindikator in einer überschaubaren Zeit durchführbar, jedoch nahm die Untersuchung aller drei Qualitätsindikatoren viel Zeit in Anspruch. Die Durchführung der Methoden in aufeinanderfolgender Reihenfolge könnte sich daher negativ auf die Motivation und die Genauigkeit bei den nachfolgenden Aufgaben ausgewirkt haben. Die Ergebnisse zeigen dies nicht direkt, jedoch wurde häufig berichtet, dass die erste Aufgabe mit größerer Sorgfalt bearbeitet wurde, während die nachfolgenden Aufgaben zunehmend schneller erledigt wurden. In einigen Fällen konnten beispielsweise Wasserproben nicht mehr vollständig bearbeitet werden, da die Zeit nicht mehr ausreichte, beispielsweise weil der Zug für die Rückfahrt erreicht werden musste oder es bereits dunkel wurde.

Um die Genauigkeit und die Motivation der Citizen Scientists im Allgemeinen zu verbessern, wäre es daher sinnvoll, die Teilnehmenden auf einen Qualitätsindikator zu fokussieren und weitere Aufgaben optional bereitzustellen. Zudem sollte die Zeitstruktur der Methoden genauer abgestimmt werden, um Überforderung zu vermeiden. Unterstützende Materialien, wie beispielsweise Trainingsvideos, können den Teilnehmenden helfen, die Aufgaben effizienter durchzuführen (Bonney et al., 2009b). Außerdem sollten in den Anleitungen Erklärungen zu den einzelnen Parametern und den möglichen Ergebnissen ergänzt werden. Viele Teilnehmende hatten Interesse daran, den Hintergrund der Parameter zu verstehen und welche Bedeutung die eigenen Ergebnisse haben. Das ist besonders wichtig, um zentrale Aspekte von Citizen Science – die Einbindung der Gesellschaft in die Wissenschaft, die Vermittlung von Wissen und die Förderung des Bewusstseins für Umweltthemen – gezielt zu stärken (Bonney et al., 2009b). Nicht zuletzt könnte die Ergänzung eines Wettbewerbs als Motivationsschub dienen. Das „gamifizieren“ der Untersuchung (d. h. eine Art Online-Spiel gestalten) steigert in der Regel die Motivation der Teilnehmenden (Heinisch et al., 2021).

Für eine erneute Untersuchung sollte die Definition der Gruppen „Einfach“ und „Trainiert“ präzisiert werden. Gruppe „Einfach“ könnte wie bisher mit einer größeren Anzahl an Teilnehmenden durchgeführt werden, während Gruppe „Trainiert“ auf wenige Personen (maximal 2–3) beschränkt werden sollte, die dafür intensiver geschult werden. Die Schulung sollte durch Vor-Ort-Erklärungen, gemeinsames Testen der Kits und der Aufgaben im Vorfeld umfassen. Ideal wäre es zudem, wenn die

die geschulten Personen die Untersuchung mehrmals durchführen, um den Vergleich zwischen ungeschult (Gruppe „Einfach“) und geschult („Trainiert“) deutlicher darzustellen.

## 5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Motivation dieser Masterarbeit liegt in der dringenden Notwendigkeit, etwas gegen den fortschreitenden Verlust der biologischen Vielfalt zu unternehmen. Der Schutz von Lebensräumen und Arten ist eine große Herausforderung, die nicht nur für die Natur selbst, sondern auch für uns Menschen von zentraler Bedeutung ist. Zum einen braucht es verlässliche Daten über den Zustand von Ökosystemen und den relevanten Ökosystemfunktionen, um Schutzmaßnahmen einzuführen, zu verbessern und auch politisch zu rechtfertigen. Zum anderen kann der Schutz der biologischen Vielfalt nicht allein durch wissenschaftliche Erkenntnisse erreicht werden, sondern erfordert die aktive Einbindung und Unterstützung der Gesellschaft.

Citizen Science bietet hierfür eine vielversprechende Lösung. Dieses Konzept hat in den letzten Jahrzehnten an Bedeutung gewonnen und wird zunehmend eingesetzt. Dennoch bestehen weiterhin Vorbehalte, insbesondere hinsichtlich der Datenqualität. Aus diesem Grund ist es notwendig, Citizen Science-Methoden systematisch zu testen und Optimierungen in den Methoden zu entwickeln, um ihre Validität und Aussagekraft zu erhöhen.

Die Relevanz dieser Masterarbeit liegt daher in der Untersuchung von Citizen Science-Methoden im Kontext von Feuchtgebieten. Ziel dieser Arbeit war es die Vergleichbarkeit zwischen wissenschaftlichen Methoden und Citizen Science-Methoden aufzuzeigen, zentrale Herausforderungen der Citizen Scientists zu identifizieren und Ansätze für methodische Optimierungen zu liefern. Dafür wurde mithilfe von freiwilligen Personen Citizen Science-Methoden zur Bestimmung der Wasserqualität, zur Erfassung von Libellenarten sowie zur Identifikation von Ufergehölzen in einem Testgebiet auf ihre Genauigkeit und Aussagekraft untersucht. Der Vergleich von Citizen Science-Daten mit wissenschaftlich erhobenen Referenzdaten trägt dabei zur Verbesserung der angewendeten Citizen Science-Methoden bei und stärkt dadurch die Aussagekraft sowie die wissenschaftliche Anerkennung von Citizen Science-Daten.

Im Vergleich zu den wissenschaftlich erhobenen Daten zeigten die Citizen Science-Daten zur Wasserqualität und zu der Libellenerhebungen eine geringe Übereinstimmung auf. Die von den Citizen Scientists erhobenen Wasserqualitätsdaten zeigten insgesamt eine hohe Variabilität. Dies ist auf Faktoren wie die Sensitivität der angewendeten Testkits, ein starkes Umweltereignis während des Untersuchungszeitraumes, mögliche Ungenauigkeiten der Citizen Scientists, eine kleine Stichprobenmenge und natürlichen Schwankungen von Wasserqualitätsparametern zurückzuführen.

Bei der Libellenerhebung wurden von den meisten Personen kaum Libellen gesichtet. Die Methode zur weiteren Bestimmung konnte daher nur eingeschränkt getestet werden. Die geringe Datenmenge

der Libellenerhebung war auf die starke Umweltveränderung während des Probezeitraumes zurückzuführen, jedoch auch auf die Schwierigkeit Libellen als ungeübte Person überhaupt zu finden und anschließend korrekt zu bestimmen.

Die Ergebnisse der Methode zu den Ufergehölzen zeigten hingegen eine höhere Übereinstimmung mit den wissenschaftlichen Daten. Es konnten viele Daten mit einer geringen Fehlerquote gesammelt werden und gleichzeitig das Gebiet ähnlich zu den wissenschaftlich erhobenen Daten bewertet werden. Ein bedeutender Faktor war dabei, dass ein bereits etabliertes Hilfsmittel wie eine Pflanzenbestimmungsapp eingesetzt wurde, aber auch dass die Ufergehölze weniger durch das starke Umweltereignis beeinflusst wurden und insgesamt leichter als Libellen oder Wasserparameter zu erfassen sind.

Die Untersuchung konnte zudem aufzeigen, dass die Qualitätsindikatoren sich grundsätzlich für Citizen Science eignen, jedoch Optimierungen in der Methodik vorgenommen werden müssen, um die Datenqualität zu erhöhen. Diese Optimierungsempfehlungen werden in Box 1 zusammengefasst dargestellt. Die Verbesserungsvorschläge bieten damit eine Grundlage für die Planung von Citizen Science-Projekten mit den angewendeten Qualitätsindikatoren und unterstützen Forschende dabei, die entsprechenden Methoden in einer ähnlichen Untersuchung weiter zu optimieren.

<p style="text-align: center;"><b>Wasserqualität</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbständiger Probedurchlauf oder gemeinsame praktische Anwendung der Testkits im Vorfeld durchführen</li> <li>• Zeitraum der Probenahme an Stichprobengröße anpassen: wenige Stichproben =&gt; kürzerer Zeitraum</li> <li>• Einzelwerte vermeiden: min. 2 Proben pro Tag, mehrere Proben pro Woche</li> <li>• Probenahme auf bestimmte Tageszeit(en) festlegen</li> <li>• Wiss. Datenerhebung in der Hauptaktivitätsperiode der Citizen Scientists planen (Beginn, Mitte, Ende)</li> <li>• Testkits vorab auf mögliche Fehlerquellen prüfen</li> <li>• Referenzskalen für subjektiv beeinflussbare Parameter in Anleitungen aufnehmen</li> <li>• Standardisierte Auswahlmöglichkeiten für qualitative Beschreibungen bereitstellen</li> <li>• Option, Nährstoffanalysen zeitnah zuhause durchzuführen</li> <li>• Geeignete Arbeitsfläche für Vor-Ort-Untersuchung bereitstellen</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Libellen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detailliertere Erklärungen zu Libellenverhalten ergänzen und relevante Bestimmungsmerkmale in den Anleitungen spezifizieren</li> <li>• Präzise Bestimmungshilfen basierend auf Aktivitätsperiode und charakteristischen Merkmalen von Artengruppen bereitstellen</li> <li>• Klare Vorgaben zur Tageszeit und festgelegte Zeiträume im Jahresverlauf für die Datenerhebung bereitstellen</li> <li>• Alternative Methode: Freiwillige mit einer hochwertigen Kamera ausrüsten für gut aufgelöste Bilder. Verifikation im Anschluss durch Fachpersonen</li> <li>• Mindestbeobachtungsdauer (&gt;15 Min.) &amp; Minimum von zwei Transekten festlegen</li> <li>• Kurze Schulungen (z. B. Videos) oder persönliche Einschulungen anbieten</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Allgemein</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erklärungen zu den untersuchten Parametern und möglichen Ergebnissen zur Förderung des Bildungsaspekts</li> <li>• Extremwetterereignisse bestmöglich vermeiden</li> <li>• Zeit effizient einteilen, übermäßige Vielfalt an Aufgaben vermeiden und optionale Aufgaben bereitstellen</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Ufergehölze</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zielarten definieren und Informationsinhalte auf eine klar definierte Artengruppe fokussieren</li> <li>• Bestimmungshilfen insbesondere für Arten mit hoher Verwechslungsgefahr</li> <li>• Untersuchungsbereich auf größere Fläche festlegen, keine kleinen Transekte verwenden</li> <li>• Integration weiterer Auenmerkmale mit einem Index-Score, z. B. Erfassung von toten Bäumen und menschlichem Einfluss, zur umfassenderen Gebietsbewertung</li> <li>• Einsatz eines digitalen Hilfsmittels zur vereinfachten Eingabe von GPS-Koordinaten und zur Unterstützung der Auswertung durch Vermeidung von Doppelnennungen</li> </ul>

Box 1 Verbesserungsvorschläge je Qualitätsindikator basierend auf den Untersuchungsergebnissen

Obwohl die Vergleichbarkeit der Citizen Science-Daten mit den wissenschaftlichen Daten größtenteils gering ausgefallen ist, bieten die vorgeschlagenen Verbesserungen die Möglichkeit, die Datenqualität bei einem erneuten Versuch zu steigern. Zudem ist zu beachten, dass Citizen Science sich nicht nur auf die Datenerhebung beschränkt, sondern ein wertvolles Instrument ist, um Wissenschaft und Gesellschaft einander näherzubringen. Citizen Science ersetzt keine professionellen wissenschaftlichen Untersuchungen, kann jedoch in bestimmten Fällen eine wichtige Ergänzung darstellen – insbesondere dort, wo konventionelle Wissenschaft an ihre Grenzen stößt. Zusammenfassend leistet die Arbeit einen Beitrag zur Weiterentwicklung und stärkeren Akzeptanz von Citizen Science als wertvolles Instrument im Naturschutz.

Eine wertvolle Begleiterscheinung der Untersuchung war die Erkenntnis, dass die Teilnehmenden nicht nur Freude am Lernen neuer Inhalte hatten, sondern dass auch ihre Achtsamkeit für die Umwelt und deren faszinierende Aspekte geschärft wurde. Dies zeigt, dass Citizen Science nicht nur ein Werkzeug zur Datenerhebung ist, sondern auch zur Förderung eines bewussteren Umgangs mit der Natur beitragen kann. Es inspiriert Menschen, sich aktiv für den Schutz und die Erhaltung der Umwelt einzusetzen und verbindet so wissenschaftliche Ziele mit gesellschaftlichem Engagement - ein Grund, Citizen Science weiter zu stärken und auszubauen.

# Literaturverzeichnis

- Albus, K., Thompson, R., Mitchell, F., (2019). *Usability of Existing Volunteer Water Monitoring Data: What Can the Literature Tell Us?*. *Citizen Science: Theory and Practice* 4(1), 28. <https://doi.org/10.5334/cstp.222>
- Amano, T., Lamming, J.D.L., Sutherland, W.J., (2016). *Spatial Gaps in Global Biodiversity Information and the Role of Citizen Science*. *BioScience* 66(5), 393–400. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw022>
- Ardoin, N.M., Bowers, A.W., Gaillard, E., (2020). *Environmental education outcomes for conservation: A systematic review*. *Biological Conservation* 241, 108224. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108224>
- Au, J., Bagchi, P., Chen, B., Martinez, R., Dudley, S.A., Sorger, G.J., (2000). *Methodology for public monitoring of total coliforms, Escherichia coli and toxicity in waterways by Canadian high school students*. *Journal of Environmental Management* 58(3), 213–230. <https://doi.org/10.1006/jema.2000.0323>
- August, T., Fox, R., Roy, D.B., Pocock, M.J.O., (2020). *Data-derived metrics describing the behaviour of field-based citizen scientists provide insights for project design and modelling bias*. *Scientific Reports* 10, 11009. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67658-3>
- Bellmann, H., Helb, M., (2022). *Der Kosmos Libellenführer*. Kosmos, Stuttgart. ISBN 978-3-440-16762-5.
- Bird, T.J., Bates, A.E., Lefcheck, J.S., Hill, N.A., Thomson, R.J., Edgar, G.J., Stuart-Smith, R.D., Wotherspoon, S., Krkosek, M., Stuart-Smith, J.F., et al., (2014). *Statistical solutions for error and bias in global citizen science datasets*. *Biological Conservation* 173, 144–154. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.07.037>
- BMLUK, (o.D.). *Das Hochwasserereignis im September 2024 in Österreich*. <https://www.bmluk.gv.at/themen/wasser/wasser-oesterreich/hydrographie/chronik-besonderer-ereignisse/hochwasser-september-2024.html> [abgerufen am 04.04.2025]
- Boakes, E.H., Gliozzo, G., Seymour, V., Harvey, M., Smith, C., Roy, D.B., Haklay, M., (2016). *Patterns of contribution to citizen science biodiversity projects increase understanding of volunteers' recording behaviour*. *Scientific Reports* 6, 33051. <https://doi.org/10.1038/srep33051>
- Bonn, A., Brink, W., Hecker, S., Herrmann, T.M., Liedtke, C., Premke-Kraus, M., Voigt-Heucke, S., Von Gönner, J., Altmann, C.S., Bauhus, W., et al., (2021). *Weiβbuch Citizen Science Strategie 2030 für Deutschland*. [https://doi.org/10.31235/osf.io/ew4uk\\_v1](https://doi.org/10.31235/osf.io/ew4uk_v1)
- Bonney, R., Ballard, H., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J., Wilderman, C.C., (2009a). *Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education*. A CAISE Inquiry Group Report. Center for Advancement for Informal Science Education (CAISE), Washington DC.
- Bonney, R., Cooper, C., Ballard, H., (2016). *The Theory and Practice of Citizen Science: Launching a New Journal*. *Citizen Science: Theory and Practice* 1(1), 1. <https://doi.org/10.5334/cstp.65>
- Bonney, R., Cooper, C.B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K.V., Shirk, J., (2009b). *Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy*. *BioScience* 59(11), 977–984. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- Bonney, R., Shirk, J.L., Phillips, T.B., Wiggins, A., Ballard, H.L., Miller-Rushing, A.J., Parrish, J.K., (2014). *Next Steps for Citizen Science*. *Science* 343(6178), 1436–1437. <https://doi.org/10.1126/science.1251554>
- Bried, J., Ries, L., Smith, B., Patten, M., Abbott, J., Ball-Damerow, J., Cannings, R., Cordero-Rivera, A., Córdoba-Aguilar, A., et al., (2020). *Towards Global Volunteer Monitoring of Odonate Abundance*. *BioScience* 70(10), 914–923. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa092>
- Burgess, H.K., DeBey, L.B., Froehlich, H.E., Schmidt, N., Theobald, E.J., Ettinger, A.K., HilleRisLambers, J., Tewksbury, J., Parrish, J.K., (2017). *The science of citizen science: Exploring barriers to use as a primary research tool*. *Biological Conservation* 208, 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.05.014>
- Callaghan, C.T., Poore, A.G.B., Hofmann, M., Roberts, C.J., Pereira, H.M., (2021). *Large-bodied birds are over-represented in unstructured citizen science data*. *Scientific Reports* 11, 19073. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98584-7>

- Callaghan, C.T., Winnebald, C., Smith, B., Mason, B.M., López-Hoffman, L., (2025). *Citizen science as a valuable tool for environmental review*. *Frontiers in Ecology & Environment* 23(1), e2808. <https://doi.org/10.1002/fee.2808>
- CBD, (2011). *Convention on Biological Diversity*. United Nations Environment Programme, Montreal.
- CITES, (1973). *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*.
- Conrad, C.C., Hilchey, K.G., (2011). *A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities*. *Environmental Monitoring and Assessment* 176, 273-291. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1582-5>
- Convention on Wetlands, (2025). *Global Wetland Outlook 2025: Valuing, conserving, restoring and financing wetlands*. Secretariat of the Convention on Wetlands, Gland. <https://doi.org/10.69556/GWO-2025-eng>
- Coombes, A.J., Debreczy, Z. (Hrsg.), (2012). *Blätter und ihre Bäume: 600 Porträts*. 1. Auflage. Haupt Verlag AG, Bern. ISBN 325807738X.
- Cosquer, A., Raymond, R., Prevot-Julliard, A.-C., (2012). *Observations of Everyday Biodiversity: a New Perspective for Conservation?*. *Ecology & Society* 17(4), 2. <https://doi.org/10.5751/ES-04955-170402>
- Dickinson, J.L., Zuckerberg, B., Bonter, D.N., (2010). *Citizen Science as an Ecological Research Tool: Challenges and Benefits*. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 41, 149–172. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144636>
- Dijkstra, K.-D.B., Schröter, A. (Hrsg.), (2021). *Libellen Europas: der Bestimmungsführer*. 2. Auflage. Haupt Verlag AG, Bern. ISBN 978-3-258-08219-6.
- Dirzo, R., Young, H.S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N.J.B., Collen, B., (2014). *Defaunation in the Anthropocene*. *Science* 345(6195), 401–406. <https://doi.org/10.1126/science.1251817>
- Droege, S., (2007). *just because you paid them doesn't mean their data are better*. Citizen Science Toolkit Conference. 20–23 Juni 2007, Ithaca, NY.
- Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z., Knowler, D.J., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A., Soto, D., Stiassny, M.L.J., Sullivan, C.A., (2006). *Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges*. *Biological Reviews* 81(2), 163–182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- Dyer, F., Harrison, E., Gruber, B., Nichols, S., Tschierschke, A., Woo O' Reilly, (2014). *Waterwatch data quality: an opportunity to augment professionally collected data sets*. 7th Australian Stream Management Conference. Juli 2014, Townsville, QLD. <https://doi.org/10.13140/2.1.1928.4481>
- eBMS, (o.D.). *BMS methods*. European Butterfly Monitoring Scheme. <https://butterfly-monitoring.net/bms-methods> [abgerufen am 04.04.2025].
- Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., (1992). *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. 2. Auflage. Scripta Geobotanica 18. Goltze Verlag, Göttingen. ISBN 978-3-88452-518-0.
- Europäische Kommission, (2023). *Restore4Life. Restoration of wetland complexes as life supporting systems in the Danube Basin*. <https://doi.org/10.3030/101112736>
- EEA, (2020). *Floodplains: a natural system to preserve and restore*. European Environment Agency Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2800/431107>
- Farmer, R.G., Leonard, M.L., Horn, A.G., (2012). *Observer effects and avian-call-count survey quality: Rare-species biases and overconfidence*. *The Auk* 129(1), 76–86. <https://doi.org/10.1525/auk.2012.11129>
- Finn, C., Grattarola, F., Pincheira-Donoso, D., (2023). *More losers than winners: investigating Anthropocene defaunation through the diversity of population trends*. *Biological Reviews* 98(5), 1732–1748. <https://doi.org/10.1111/brv.12974>
- Fore, L.S., Paulsen, K., O'Laughlin, K., (2001). *Assessing the performance of volunteers in monitoring streams*. *Freshwater Biology* 46(1), 109–123. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2001.00640.x>
- Freitag, A., Pfeffer, M.J., (2013). *Process, Not Product: Investigating Recommendations for Improving Citizen Science "Success"*. *PLoS ONE* 8(5), e64079. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064079>
- Geoland.at. (2025). *Karte von Niederösterreich* [modifiziert]. <https://www.geoland.at> [abgerufen am 25.07.2025].

- Greenwood, J.J.D., (2007). *Citizens, science and bird conservation*. Journal of Ornithology 148, 77–124. <https://doi.org/10.1007/s10336-007-0239-9>
- Gumiero, B., De Matteis, F.M., Di Stefano, C., Rodríguez-González, P.M., Dufour, S., Di Grazia, F., Gonzales Del Tanago, M., (2023). *Monitoring Riparian Vegetation: Toward a Citizen Science Approach*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4663192>
- Haklay, M., Dörler, D., Heigl, F., Manzoni, M., Hecker, S., Vohland, K., (2021). *What Is Citizen Science? The Challenges of Definition*. In: Vohland, K., et al., (2021). *The Science of Citizen Science*. Springer, Cham. 13–33. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_2)
- Heinisch, B., Oswald, K., Weißpflug, M., Shuttleworth, S., Belknap, G., (2021). *Citizen Humanities*. In: Vohland, K., et al., (2021). *The Science of Citizen Science*. Springer, Cham. 97–118. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_6)
- Hoyer, M.V., Wellendorf, N., Frydenborg, R., Bartlett, D., Canfield, D.E., (2012). *A comparison between professionally (Florida Department of Environmental Protection) and volunteer (Florida LAKEWATCH) collected trophic state chemistry data in Florida*. Lake and Reservoir Management 28(4), 277–281. <https://doi.org/10.1080/07438141.2012.736016>
- IPBES, (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES secretariat, Bonn. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>
- ISO, (2024). ISO 5667-3:2024. *Water quality — Sampling — Part 3: Preservation and handling of water samples*. Edition 6, 2024.
- Johnson, C.N., Balmford, A., Brook, B.W., Buettel, J.C., Galetti, M., Guangchun, L., Wilmshurst, J.M., (2017). *Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene*. Science 356(6335), 270–275. <https://doi.org/10.1126/science.aam9317>
- Johnston, A., Matechou, E., Dennis, E.B., (2023). *Outstanding challenges and future directions for biodiversity monitoring using citizen science data*. Methods in Ecology and Evolution 14(1), 103–116. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13834>
- Kelling, S., Johnston, A., Bonn, A., Fink, D., Ruiz-Gutierrez, V., Bonney, R., Fernandez, M., Hochachka, W.M., Julliard, R., Kraemer, R., Guralnick, R., (2019). *Using Semistructured Surveys to Improve Citizen Science Data for Monitoring Biodiversity*. BioScience 69(3), 170–179. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz010>
- Kirk, J.T.O., (2010). *Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems*. 3. Auflage. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139168212>
- Kiruba-Sankar, R., Barman, J., (2024). *The benefits and challenges of citizen science for coastal wetlands management in Andaman and Nicobar archipelago—a review*. Environmental Sustainability 7, 31–51. <https://doi.org/10.1007/s42398-023-00296-3>
- Knapp, J.L.A., Von Freyberg, J., Studer, B., Kiewiet, L., Kirchner, J.W., (2020). *Concentration–discharge relationships vary among hydrological events, reflecting differences in event characteristics*. Hydrology and Earth System Sciences 24(5), 2561–2576. <https://doi.org/10.5194/hess-24-2561-2020>
- Kolstoe, S., Cameron, T.A., (2017). *The Non-market Value of Birding Sites and the Marginal Value of Additional Species: Biodiversity in a Random Utility Model of Site Choice by eBird Members*. Ecological Economics 137, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.02.013>
- Kosmala, M., Wiggins, A., Swanson, A., Simmons, B., (2016). *Assessing data quality in citizen science*. Frontiers in Ecology & Environment 14(10), 551–560. <https://doi.org/10.1002/fee.1436>
- Kühl, H.S., Bowler, D.E., Bösch, L., Bruelheide, H., Dauber, J., Eichenberg, D., Eisenhauer, N., Fernández, N., Guerra, C.A., Henle, K., et al., (2020). *Effective Biodiversity Monitoring Needs a Culture of Integration*. One Earth 3(4), 462–474. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.09.010>
- Larson, L.R., Cooper, C.B., Futch, S., Singh, D., Shipley, N.J., Dale, K., LeBaron, G.S., Takekawa, J.Y., (2020). *The diverse motivations of citizen scientists: Does conservation emphasis grow as volunteer participation progresses?*. Biological Conservation 242, 108428. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108428>



- Lewandowski, E., Specht, H., (2015). *Influence of volunteer and project characteristics on data quality of biological surveys: Data Quality of Volunteer Surveys*. Conservation Biology 29(3), 713–723. <https://doi.org/10.1111/cobi.12481>
- Loreau, M., Barbier, M., Filotas, E., Gravel, D., Isbell, F., Miller, S.J., Montoya, J.M., Wang, S., Aussenac, R., Germain, R., Thompson, P.L., Gonzalez, A., Dee, L.E., (2021). *Biodiversity as insurance: from concept to measurement and application*. Biological Reviews 96(5), 2333–2354. <https://doi.org/10.1111/brv.12756>
- Lowman, M., Randle, D., (2009). *Ecological mentoring: inspiring future scientists*. Frontiers in Ecology & Environment 7(3), 119–119. <https://doi.org/10.1890/1540-9295-7.3.119>
- McGinley, C., McGinley, M., McGinley, D., (2000). “Odor Basics”, *Understanding and Using Odor Testing*. 22nd Annual Hawaii Water Environment Association Conference. 6-7 Juni 2000, Honolulu, Hawaii.
- McInnes, R.J., Davidson, N.C., Rostron, C.P., Simpson, M., Finlayson, C.M., (2020). *A Citizen Science State of the World's Wetlands Survey*. Wetlands 40, 1577–1593. <https://doi.org/10.1007/s13157-020-01267-8>
- Millennium Ecosystem Assessment, (2005). *Ecosystems and human well-being: wetlands and water synthesis*. World Resources Institute, Washington DC.
- Miller-Rushing, A., Primack, R., Bonney, R., (2012). *The history of public participation in ecological research*. Frontiers in Ecology & Environment 10(6), 285–290. <https://doi.org/10.1890/110278>
- Montgomery, G.A., Dunn, R.R., Fox, R., Jongejans, E., Leather, S.R., Saunders, M.E., Shortall, C.R., Tingley, M.W., Wagner, D.L., (2020). *Is the insect apocalypse upon us? How to find out*. Biological Conservation 241, 108327. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108327>
- Myre, E., Shaw, R., (2006). *The Turbidity Tube: Simple and Accurate Measurements of Turbidity in the Field*. Michigan Technological University.
- Ott, J., (2016). *Citizen Science in Naturschutz und Landesforschung - Informationen zur Gruppe der Libellen (Odonata)*. POLLICHIA - Verein für Naturforschung und Landespflege e.V. Mitteilungen der POLLICHIA 97.
- Outhwaite, C.L., McCann, P., Newbold, T., (2022). *Agriculture and climate change are reshaping insect biodiversity worldwide*. Nature 605, 97–102. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04644-x>
- Pereira, H.M., Martins, I.S., Rosa, I.M.D., Kim, H., Leadley, P., Popp, A., Van Vuuren, D.P., Hurtt, G., Quoss, L., Arneeth, A., et al., (2024). *Global trends and scenarios for terrestrial biodiversity and ecosystem services from 1900 to 2050*. Science 384(6694), 458–465. <https://doi.org/10.1126/science.adn3441>
- Pocock, M.J.O., Chandler, M., Bonney, R., Thornhill, I., Albin, A., August, T., Bachman, S., Brown, P., Cunha, D., Grez, A., et al., (2018). *A Vision for Global Biodiversity Monitoring With Citizen Science*. Advances in Ecological Research 59, 169–223. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2018.06.003>
- Pocock, M.J.O., Logie, M., Isaac, N.J.B., Fox, R., August, T., (2023). *The recording behaviour of field-based citizen scientists and its impact on biodiversity trend analysis*. Ecological Indicators 151, 110276. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110276>
- Pocock, M.J.O., Tweddle, J.C., Savage, J., Robinson, L.D., Roy, H.E., (2017). *The diversity and evolution of ecological and environmental citizen science*. PLoS ONE 12(4), e0172579. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172579>
- Pollard, E., (1977). *A method for assessing changes in the abundance of butterflies*. Biological Conservation 12(2), 115–134. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(77\)90065-9](https://doi.org/10.1016/0006-3207(77)90065-9)
- Pooja, A., (2019). *Physical, Chemical and Biological Characteristics of Water*. In: Sharma, H., R., (2019). *Water resources and management - Physical and Basic Sciences*. <https://ebooks.inflibnet.ac.in/esp05/chapter/physical-chemical-and-biological-characteristics-of-water/> [abgerufen am 01.07.2025].
- Preisendorfer, R.W., (1986). *Secchi disk science: Visual optics of natural waters*. Limnology & Oceanography 31(5), 909–926. <https://doi.org/10.4319/lo.1986.31.5.0909>
- Raab, R., Chovanec, A., Pennerstorfer, J., (2007). *Libellen Österreichs*. Springer Verlag, Wien. ISBN 321133856X.

- Ramírez, S.B., Van Meerveld, I., Seibert, J., (2023). *Citizen science approaches for water quality measurements*. Science of The Total Environment 897, 165436. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165436>
- Ramsar Convention, (1971). *Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterflow Habitat*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Ramsar.
- Ramsar Convention on Wetlands, (2018). *Global Wetland Outlook: State of the World's Wetlands and their Services to People*. Ramsar Convention Secretariat, Gland.
- Rangeti, I., Dzwauro, B., Barratt, G.J., Otieno, F.A.O., (2015). *Validity and Errors in Water Quality Data — A Review*. In: Lee, T.S., (2015). *Research and Practices in Water Quality*. <https://doi.org/10.5772/59059>
- Rapacciuolo, G., Young, A., Johnson, R., (2021). *Deriving indicators of biodiversity change from unstructured community-contributed data*. Oikos 130(8), 1225–1239. <https://doi.org/10.1111/oik.08215>
- Reid, A.J., Carlson, A.K., Creed, I.F., Eliason, E.J., Gell, P.A., Johnson, P.T.J., Kidd, K.A., MacCormack, T.J., Olden, J.D., Ormerod, S.J., et. al., (2019). *Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity*. Biological Reviews 94(3), 849–873. <https://doi.org/10.1111/brv.12480>
- Rotman, D., Hammock, J., Preece, J., Hansen, D.L., Broston, C., Bowser, A., He, Y., (2014). *Motivations Affecting Initial and Long-Term Participation in Citizen Science Projects in Three Countries*. iConference 2014 Proceedings. <https://doi.org/10.9776/14054>
- Roy, H. E., Pocock, M. J., Preston, C. D., Roy, D. B., Savage, J., Tweddle, J. C., Robinson, L. D. (2012). *Understanding citizen science and environmental monitoring: final report on behalf of UK Environmental Observation Framework*. NERC/Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford.
- Safford, H., Peters, C.A., (2018). *Citizen Science for Dissolved Oxygen Monitoring: Case Studies from Georgia and Rhode Island*. Environmental Engineering Science 35(4), 362–372. <https://doi.org/10.1089/ees.2017.0218>
- Senabre Hidalgo, E., Perelló, J., Becker, F., Bonhoure, I., Legris, M., Cigarini, A., 2021. *Participation and Co-creation in Citizen Science*. In: Vohland, K., et al., (2021). *The Science of Citizen Science*. Springer, Cham, 199–218. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_11)
- Serrano Sanz, F., Holocher-Ertl, T., Kieslinger, B., Sanz García, F., Silva, C.G., (2015). *White Paper on Citizen Science*. Societize Consortium. <https://ec.europa.eu/futurium/en/content/white-paper-citizen-science.html> [abgerufen am 01.03.2025].
- Smits, A.P., Hall, E.K., Deemer, B.R., Scordo, F., Barbosa, C.C., Carlson, S.M., Cawley, K., Grossart, H., Kelly, P., Mammola, S., Pintar, M.R., Robbins, C.J., Ruhi, A., Saccò, M., (2025). *Too much and not enough data: Challenges and solutions for generating information in freshwater research and monitoring*. Ecosphere 16(3), e70205. <https://doi.org/10.1002/ecs2.70205>
- Spohn, M., Spohn, R., (2022). *Kosmos-Baumführer Europa: 680 Bäume, 2600 Zeichnungen*. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart. ISBN 978-3-440-17094-6.
- Storey, R.G., Wright-Stow, A., Kin, E., Davies-Colley, R.J., Stott, R., (2016). *Volunteer stream monitoring: Do the data quality and monitoring experience support increased community involvement in freshwater decision making?*. Ecology & Society 21 (4), 32. <https://doi.org/10.5751/ES-08934-210432>.
- Strayer, D.L., Dudgeon, D., (2010). *Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges*. Journal of the North American Benthological Society 29(1), 344–358. <https://doi.org/10.1899/08-171.1>
- Sullivan, B.L., Aycrigg, J.L., Barry, J.H., Bonney, R.E., Bruns, N., Cooper, C.B., Damoulas, T., Dhondt, A.A., Dietterich, T., et al., (2014). *The eBird enterprise: An integrated approach to development and application of citizen science*. Biological Conservation 169, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.003>
- Sutton, M.A., Bleeker, A., Howard, C.M., Bekunda, M., Grizzetti, B., et al., (2013). *Our nutrient world: the challenge to produce more food and energy with less pollution. Global overview on nutrient management*. Centre for Ecology & Hydrology, Edinburgh. <https://www.unep.org/resources/report/our-nutrient-world-challenge-produce-more-food-and-energy-less-pollution> [abgerufen am 01.07.2025].

- Swanson, A., Kosmala, M., Lintott, C., Packer, C., (2016). *A generalized approach for producing, quantifying, and validating citizen science data from wildlife images*. *Conservation Biology* 30(3), 520–531. <https://doi.org/10.1111/cobi.12695>
- Theobald, E.J., Ettinger, A.K., Burgess, H.K., DeBey, L.B., Schmidt, N.R., Froehlich, H.E., Wagner, C., HilleRisLambers, J., Tewksbury, J., Harsch, M.A., Parrish, J.K., (2015). *Global change and local solutions: Tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research*. *Biological Conservation* 181, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.10.021>
- Thompson, S., Bonney, R., (2007). *Evaluating the Impact of Participation in an On-line Citizen Science Project: A Mixed-methods approach*. *Museums and the Web 2007 Proceedings*. Archives & Museum Informatics, Toronto. <https://www.archimuse.com/mw2007/papers/thompson/thompson.html> [abgerufen am 05.06.2025].
- Tickner, D., Opperman, J.J., Abell, R., Acreman, M., Arthington, A.H., Bunn, S.E., Cooke, S.J., Dalton, J., Darwall, W., Edwards, G., et al., (2020). *Bending the Curve of Global Freshwater Biodiversity Loss: An Emergency Recovery Plan*. *BioScience* 70(4), 330–342. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa002>
- Tulloch, A.I.T., Possingham, H.P., Joseph, L.N., Szabo, J., Martin, T.G., (2013). *Realising the full potential of citizen science monitoring programs*. *Biological Conservation* 165, 128–138. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.05.025>
- Valenti, J.M., Tavana, G., (2005). *Report: Continuing Science Education for Environmental Journalists and Science Writers: In Situ With the Experts*. *Science Communication* 27(2), 300–310. <https://doi.org/10.1177/1075547005282474>
- Vattakaven, T., Barve, V., Ramaswami, G., Singh, P., Jagannathan, S., Dhandapani, B., (2022). *Best Practices for Data Management in Citizen Science - An Indian Outlook*. *Biodiversity Informatics* 17, 27–49. <https://doi.org/10.17161/bi.v17i.16441>
- Vetter, J., (2011). *Introduction: Lay Participation in the History of Scientific Observation*. *Science in Context* 24 (2), 127–141. <https://doi.org/10.1017/S0269889711000032>
- Vohland, K., Land-Zandstra, A., Ceccaroni, L., Lemmens, R., Perelló, J., Ponti, M., Samson, R., Wagenknecht, K., (2021). *Editorial: The Science of Citizen Science Evolves*. In: Vohland, K., et al., (2021). *The Science of Citizen Science*. Springer, Cham, 1–12. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4_1)
- Water Rangers, (2025a). *Dissolved oxygen*. <https://waterrangers.com/testkits/tests/dissolved-oxygen/?v=7d0db380a5b9> [abgerufen am 25.07.2025].
- Water Rangers, (2025b). *Turbidity (NTU)*. <https://waterrangers.com/testkits/tests/turbidity-ntu/?v=7d0db380a5b9> [abgerufen am 04.10.2025].
- Weigelhofer, G., Pölz, E.-M., (2016). *Data Quality in Citizen Science Projects: Challenges and Solutions*. *Frontiers in Environmental Science*. Conference Abstract: Austrian Citizen Science Conference 2016. <https://doi.org/10.3389/conf.FENVS.2016.01.00011>
- WWF, (2024). *Living Planet Report 2024 – A System in Peril*. WWF.
- WWN, (2024). *State of the World's Wetlands. 2024 Participatory Survey*. World Wetland Network. <https://worldwetland.network/world-wetlands-survey-2024/> [abgerufen am 13.08.2025].

## Erklärung zum Einsatz von generativen KI-Tools

Ich habe das von der Universität für Bodenkultur bereitgestellte Academic AI Tool (ChatGPT 4.0) eingesetzt, um Formulierungen stilistisch und grammatikalisch zu verbessern sowie Anregungen für einen besseren Satzbau zu erhalten. Die generative KI wurde ausschließlich als unterstützendes Hilfsmittel verwendet, um bei Bedarf Vorschläge zu generieren, die ich anschließend kritisch geprüft, angepasst und in meinen eigenen Schreibprozess integriert habe.

Ich habe DeepL genutzt, um basierend auf meinem selbst verfassten deutschen Abstract eine erste Version des englischen Abstracts zu erstellen.

## Anhang A: Unterlagen der Citizen Scientists

### Anleitung: Wasserqualität „Einfach“

#### Material:

- ❖ Sauberen Plastikeimer (ca. 1000ml) mit einem Seil
- ❖ Saubere Mini-Secchi-Röhre
- ❖ 1x durchsichtigen Plastikbehälter (Schritt 5)
- ❖ Farbskala & Anleitung Nährstoffe
- ❖ 2x Nährstoff-Testkits (Phosphat & Nitrat)
- ❖ Plastikbecher, Trichter, Kaffeefilter (Schritt 7)
- ❖ Formular zur Wasserqualität
- ❖ Destilliertes Wasser & Spritze



#### Aufgaben: Führe diese Schritte jeweils 1x am Altarm (Kreis) und 1x am Fluss (Rechteck) durch!

1. **Start:** Wähle im vorgegebenen Gebiet einen Ort aus, an dem du die Proben nehmen kannst, ohne in das Wasser zu treten (**siehe Foto rechts**). Mache ein Foto von deinem gewählten Ort.
2. Trage Informationen über die Umgebung ins Formular ein. Verwende ein Formular pro Standort (insgesamt 2 Standorte).
3. **Wasserprobe nehmen:** Halte das Ende des Seils fest und wirf den Plastikeimer ins Wasser (etwa 1-2 m vom Ufer entfernt). Befülle ihn mit Wasser und zieh ihn zurück ans Ufer, ohne den Boden aufzuwirbeln. Wiederhole das Ganze zweimal, bevor du die Probe für die nächsten Schritte benutzt.
4. **Geruch:** Rieche an dem Wasser im Eimer. Wie riecht es? Notiere deine Beobachtungen im Formular.
5. **Farbe:** Fülle etwas Probenwasser in den durchsichtigen Plastikbehälter. Halte es gegen die Farbskala. Trage Farbe und Helligkeit ins Formular ein. Mache ein Foto vom Plastikbehälter auf der Farbskala.
6. **Sichttiefe mit der Mini- Secchi Röhre:** Stelle dich mit dem Rücken zur Sonne und stelle die Röhre am Boden. Fülle das Probewasser langsam in die Röhre und beobachte dabei die Secchi-Scheibe (= schwarz-weiße Muster am Boden) mit Blick in die Röhre. Sobald die Secchi-Scheibe nicht mehr zu sehen ist, stoppst du die Wasserzugabe. Notiere die Zahl an der Außenseite der Röhre. Wenn das schwarz-weiße Muster noch zu sehen ist und das Rohr schon voll ist, notiere den Wert <14.
7. **Nährstoffe:** Filtere die Wasserprobe für die Nährstoffanalyse zuerst durch den Kaffeefilter in den Plastikbecher. Verwende den Trichter als Filterhalter. Verwende nun die gefilterte Wasserprobe und befolge die Anweisungen des Testkits für die Nitrat- und Phosphatanalyse.

Hinweis: Falls die Farbe stärker als wie auf der Skala erscheint, dann verdünne die Probe mit destilliertem Wasser (z.B. 10ml destl. Wasser und 10 ml Probenwasser) und wiederhole den Versuch. Gib dies in den Anmerkungen an, um wie viel du die Probe verdünnt hast.

Formular: Wasserqualität („Einfach“)			
Name:		Datum:	
Gebiet:		Uhrzeit: Start: Ende:	
Foto Versuchsstelle: <input type="checkbox"/> erledigt	Gewässertyp:	<input type="checkbox"/> Altarm	<input type="checkbox"/> Fluss
Strömung <sup>1</sup> :		Landnutzung <sup>2</sup> :	
Ufervegetation <sup>3</sup> :		Geruch <sup>4</sup> :	
Wasseroberfläche <sup>5</sup> :		Totholz im Wasser <sup>6</sup> :	
Nachweis für Wasser Nutzung <sup>7</sup> :		Verschmutzungsquellen in der Umgebung <sup>8</sup> :	
Wasserfarbe & Helligkeit <sup>9</sup> :		Mini Secchi Röhre Wert:	
Nitrat (mg/L):		Phosphat (mg/L):	
Sonstige Anmerkungen:			

<sup>1</sup> keine Strömung, gering, mittel, schnell

<sup>2</sup> Wald, Wiese, Acker, Forstweg, sonstiges (beschreiben)

<sup>3</sup> Schilf, Kräuter und Gräser, Bäume, keine

<sup>4</sup> kein Geruch, schwefelig, fischig, erdig, sonstiges (beschreiben)

<sup>5</sup> Schaum, Algen, Abfälle, Ölicher Film, sonstiges (beschreiben)

<sup>6</sup> Beschreibung z.B. wenige kleine Äste, großer Baumstamm, große und kleine Äste, keine

<sup>7</sup> Fischen, Boote, Schwimmen, Spazieren, sonstiges (beschreiben)

<sup>8</sup> Beschreibung z.B. Lärm von der Straße, Müll, Abwasserrohre, keine

<sup>9</sup> Farbe: keine Farbe, grün, grau, braun; Intensität: hell, mittel, dunkel

## Anleitung: Libellen “Einfach”

### Material:

- ❖ Formular zu Libellen
- ❖ Smartphone Kamera (je höher die Qualität der Kamera, umso besser)
- ❖ Smartphone-Standort

### Aufgaben:

**Hinweis:** Beginne diese Aufgabe vor der Untersuchung der Ufervegetation, da ansonsten die Libellen verschreckt werden könnten! Du kannst Beobachtungen während den anderen Aufgaben auch notieren (bitte kennzeichnen, dass die Beobachtung nebenbei war).

1. Bevor du beginnst, lese das Formular zu den Libellen durch und verschaffe dir eine Übersicht auf welche Merkmale zu achten ist und welche groben Unterschiede es zwischen Libellen gibt.

*Optional: Die QR-Codes (unten) geben dir vertiefende Informationen.*

2. **Start:** Begib dich in den vorgegebenen Flächenbereich (siehe Karte in der Anleitung Ufergehölze). Trage die Start-Uhrzeit und deine GPS-Koordinaten ins Formular ein.
3. Suche in der vorgegebenen Fläche nach Libellen und halte alle Libellenbeobachtungen fest. Es bleibt dir überlassen, wie lange du nach Libellen suchen möchtest.
4. **Bestimmung Libellen:** Notiere dabei alle Merkmale so gut wie möglich. Falls bspw. nur ein Merkmal erkennbar ist, dann trage nur dieses ein und lasse die anderen Felder leer. Wichtig ist, dass alle Beobachtungen notiert werden.

***Hinweis:** „Libelle im Flug, weiteres nicht erkennbar/zu schnell“ sind auch wichtige Daten!*

5. **Foto der Libellen:** Versuche die Merkmale der Libelle bestmöglich zu erfassen (ideal 1x seitlich & 1x von oben). Mache mehrere Fotos. Vergiss nicht die Uhrzeit des Fotos zu notieren, damit das Foto im Nachgang mit der Fundnummer zuordenbar ist (ein anderes System ist auch möglich, z.B. Foto gleich nummerieren o.ä.)

***Tip:** Einige Libellen kehren gerne auf einen festen Ansitzplatz (Ast/Grashalm) zurück. Mit langsamen Bewegungen schafft man es von sehr nah ein Foto zu machen.*

6. **Ende:** Sobald du die Aufgabe beendest, notierst du die End-Uhrzeit und deine GPS-Koordinaten.

- △ 7. Bestimme im Nachgang deine Beobachtungen genauer. Nutze dazu diese Websites. Notiere in der Tabelle deine vermutete Art zur jeweiligen Fundnummer.

Artenliste in AT



Steckbriefe mit



Nach Farbe

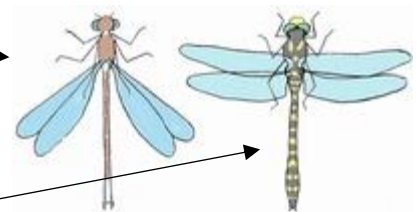


Formular Libellen					
Name:		Temperatur (C°):		Start-Uhrzeit:	
Datum:		Windstärke <sup>6</sup> :		End-Uhrzeit:	
Start-GPS-Daten:			End-GPS-Daten:		
Fund Nr.	Kleinlibelle <sup>1</sup> / Großlibelle <sup>2</sup>	Farbe <sup>3</sup>	Spezielles Merkmal <sup>4</sup> / Sonstige Anmerkung <sup>5</sup>	Foto-Uhrzeit	Vermutete Gruppe/Art

\*falls mehr Zeilen benötigt, Hinterseite verwenden

<sup>1</sup> Kleinlibelle: In Ruhehaltung: Flügel über dem Rücken zusammengeklappt; Im Flug: eher langsam, flatternd; Augen seitlich bzw. breit auseinander

<sup>2</sup> Großlibelle: In Ruhehaltung: Flügel waagrecht ausgebreitet; Im Flug: eher schnell; Augen sehr eng bzw. berühren sich



<sup>3</sup> Rot, Orange, Blau, Grün, Gelb, Braun, Schwarz, Bunt

<sup>4</sup> z.B. drei abwechselnde schwarze Striche am Rücken; sehr schmale Flügel; sonstiges (beschreibe)

<sup>5</sup> sehr schnell im Flug/nicht erkennbar; aus den Augen verloren; sonstiges (beschreibe)

<sup>6</sup> 0 – Windstille; 1 – kaum merklich; Rauch treibt leicht ab; 2 – Blätter rascheln; Wind im Gesicht spürbar; 3 – Blätter und dünne Zweige bewegen sich; 4 – Zweige bewegen sich; Papier wird vom Boden gehoben



## Anleitung: Ufergehölze "Einfach"

### Material:

- ❖ Smartphone mit Kamera
- ❖ Installierte Flora Incognita App
- ❖ Formular zum Ufergehölze
- ❖ Karte des Untersuchungsgebietes
- ❖ Artenliste



### Aufgaben:

Hinweis: Beginne mit dieser Aufgabe nach der Libellenuntersuchung. Falls du bei dieser Aufgabe dennoch Libellen findest, dann kannst du diese noch ins Formular aufnehmen (bitte kennzeichnen, dass die Beobachtung nebenbei war).

1. **Start:** Wähle einen Startpunkt im vorgegebenen Flächenbereich und trage diesen in die beigelegte Karte ein. Trage die Start-Uhrzeit ins Formular ein.
2. **Ziel:** Finde innerhalb der vorgegebenen Fläche min. 3 unterschiedliche Baumarten und zähle einige Exemplare davon. Ideal wäre, wenn du jeweils 1x Baumart aus der Kategorie Weichholzaue, 1x Hartholzaue und 1x Neophyt findest. Orientiere dich dafür an der Artenliste (du musst aber nicht daraus wählen). Falls du Hilfe bei der Bestimmung brauchst, verwende die Flora Incognita App<sup>1</sup>. Der Baum soll min. größer, wie du selbst sein und deine Hand sollte den Stamm (auf Brusthöhe) nicht umschließen können.

*Hinweis: Nicht alle Baumarten in der Artenliste kommen dort auch tatsächlich vor.*

3. Sobald du eine Art gefunden hast, trägst du die Baumart in das Formular ein und weist dieser einem Zeichen (X, O, Δ) zu. Markiere den Fund-Standort in der Karte so genau wie möglich. Verwende dazu das vorhin definierte Zeichen als Markierung.
4. Mache ein Nachweis-Foto von den jeweils 3 gewählten Baumarten (am besten gleich von den ersten Funden). Fotografiere jeweils Blattober-, -unterseite und den gesamten Baum.  
*Hinweis: Es braucht nur einmal ein Nachweis Foto der Baumart.*
5. Gehe nun weiter innerhalb des Bereiches und halte die Anzahl deiner ausgewählten Baumarten in der Spalte „Häufigkeit“ mit einer Strichliste fest und markiere die Standorte der Baumarten in der Karte so genau wie möglich. Verwende die jeweiligen Zeichen.
6. Sobald du ausreichend Daten gesammelt hast (eigene Einschätzung) markierst du deinen Endpunkt in der Karte und notierst die End-Uhrzeit.

- △ 7. Zähle die Anzahl je Baumart und trage in der Spalte „Ranking“ Platz 1 (häufigste Baumart) bis Platz 3 ein.

- △ 8. **Ökologische Zeigewerte:** Ermittle im Nachgang die ökologischen Zeigewerte deiner 3 Baumarten. Scanne dazu diesen QR-Code und trage die Baumart in die Suchleiste der Website ein. Trage die gesuchten Eigenschaften in das Formular ein.



- △ 9. Recherchiere 2 Informationen zur jeweiligen Baumart im Zusammenhang mit Feuchtgebieten. Trage sie in die Spalte ein.

<sup>1</sup>Bestimmung mit der App: Wähle in der App „Pflanze erkennen“ aus. Wähle nun in der unteren Drehleiste „Baum“ aus. Folge nun den weiteren Anleitungen der App. Sollte eine Eigenschaft nicht möglich sein zu fotografieren (z.B. Frucht) dann überspringe das Foto mit „B“ unten rechts. Falls du dir mit dem Ergebnis nicht sicher bist, wiederhole das Fotografieren und halte das im Formular fest.

Formular Ufergehölze				
Name:		Datum:	Start-Uhrzeit:	End-Uhrzeit:
Zeichen auf der Karte	Baumart	Häufigkeit		Ranking
X				
O				
Δ				

\*falls du dir bei der konkreten Baumart nicht sicher bist, dann trage nur die Gattung ein (z.B. Weide – Salix sp.)

Ökologische Zeigewerte <i>nach Ellenberg</i>					
Baumart	L Lichtzahl	T Temperaturzahl	F Feuchtezahl	R Reaktionszahl	N Stickstoffzahl

\*die Website verlangt die konkrete Baumart, falls du diese nicht weißt, wähle eine davon aus (z.B. Salix sp. -> Salix alba)

Relevanz zu Feuchtgebieten		
Baumart	Information 1	Information 2
X		
O		
Δ		

## Anleitung: Wasserqualität „Trainiert“

### Material:

- ❖ Sauberen Plastikeimer (ca. 1000ml) mit einem Seil
- ❖ Saubere Mini-Secchi-Röhre
- ❖ 1x kl. durchsichtigen Plastikbehälter (Schritt 5)
- ❖ Farbskala
- ❖ Aqua Check Messgerät, 1x Phosphat-, 1x Nitrat -Testkit
- ❖ 1x Sauerstoff-Testkit
- ❖ Plastikbecher, Trichter, Kaffeefilter (Schritt 7)
- ❖ Formular zur Wasserqualität

**Aufgaben: Führe diese Schritte jeweils 1x am Altarm (Grün) und 1x am Fluss (Blau) durch!**



1. **Start:** Wähle im vorgegebenen Gebiet einen Ort aus, an dem du die Proben nehmen kannst, ohne in das Wasser zu treten. Mache ein Foto von deinem gewählten Ort.
2. Trage Informationen über die Umgebung ins Formular ein. Verwenden ein Formular pro Standort. Orientiere dich am Beispielformular.
3. **Wasserprobe nehmen:** Halte das Ende des Seils fest und wirf die offene Plastikflasche ins Wasser (etwa 1-2 m vom Ufer entfernt). Lass die Flasche sich mit Wasser füllen und zieh sie zurück ans Ufer, ohne den Boden aufzuwirbeln. Wiederhole das Ganze zweimal, bevor du die Probe für die nächsten Schritte benutzt.
4. **Geruch:** Rieche an dem Wasser im Eimer. Wie riecht es? Notiere deine Beobachtungen im Formular.
5. **Farbe:** Fülle etwas Probenwasser in den durchsichtigen Plastikbehälter. Halte es gegen die Farbskala. Trage Farbe und Helligkeit ins Formular ein. Mache ein Foto vom Plastikbehälter auf der Farbskala.
6. **Sichttiefe mit der Mini- Secchi Röhre:** Stelle dich mit dem Rücken zur Sonne und stelle die Röhre am Boden. Fülle das Probewasser langsam in die Röhre und beobachte dabei die Secchi-Scheibe (= schwarz-weiße Muster am Boden) mit Blick in die Röhre. Sobald die Secchi-Scheibe nicht mehr zu sehen ist, stoppst du die Wasserzugabe. Notiere die Zahl an der Außenseite der Röhre. Wenn das schwarz-weiße Muster noch zu sehen ist und das Rohr schon voll ist, notiere den Wert <14.
7. **Aqua Check Messgerät:** Filtere die Wasserprobe für die Nährstoffanalyse zuerst durch den Kaffeefilter in den Plastikbecher. Verwende den Trichter als Filterhalter. Verwende nun die gefilterte Wasserprobe und befolge die Anweisungen der jeweiligen Testkits für die Nitrat- und Phosphatanalyse.  
Hinweis: Wasche das Messgerät nach jeder Messung mit ein wenig destilliertem Wasser ab.
8. **Gelöster Sauerstoff:** Folge der Anleitung des Sauerstoff – Testkits um die gelöste Sauerstoffkonzentration zu ermitteln. Trage die Werte ins Formular ein.

Formular: Wasserqualität			
Name:		Versuchsnummer:	
Datum:		Uhrzeit: Start:                      Ende:	
Foto Versuchsstelle: <input type="checkbox"/> erledigt		Gewässertyp:	<input type="radio"/> Altarm <input type="radio"/> Fluss
Geruch <sup>1</sup> :		Wasserfarbe & Helligkeit <sup>2</sup> :	
Mini Secchi Röhre Wert:		Gelöster Sauerstoff (mg/L O <sub>2</sub> ): Achtung: <u>Wert der Spritze x 10 !</u>	
Nitrat (mg/L):		Phosphat (mg/L):	
Sonstige Anmerkungen:			

<sup>1</sup> kein Geruch, schwefelig, fischig, erdig, sonstiges (beschreiben)

<sup>2</sup> Farbe: keine Farbe, grün, grau, braun; Intensität: hell, mittel, dunkel

Formular: Wasserqualität			
Name:		Versuchsnummer:	
Datum:		Uhrzeit: Start:                      Ende:	
Foto Versuchsstelle: <input type="checkbox"/> erledigt		Gewässertyp:	<input type="radio"/> Altarm <input type="radio"/> Fluss
Geruch <sup>1</sup> :		Wasserfarbe & Helligkeit <sup>2</sup> :	
Mini Secchi Röhre Wert:		Gelöster Sauerstoff (mg/L): Achtung: Wert der Spritze x 10 !	
Nitrat (mg/L):		Phosphat (mg/L):	
Sonstige Anmerkungen:			

<sup>1</sup> kein Geruch, schwefelig, fischig, erdig, sonstiges (beschreiben)

<sup>2</sup> Farbe: keine Farbe, grün, grau, braun; Intensität: hell, mittel, dunkel

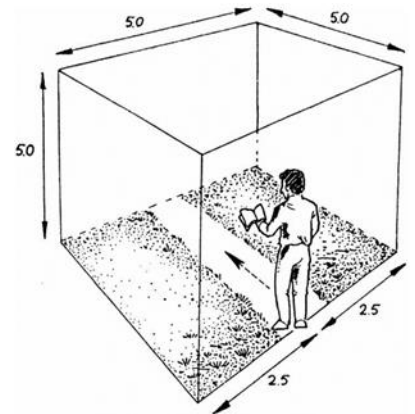
## Anleitung: Libellen “Trainiert”

### Material:

- ❖ Formular zu Libellen
- ❖ Smartphone Kamera (je höher die Qualität der Kamera, umso besser)
- ❖ Smartphone-Standort
- ❖ Artenliste

### Aufgaben:

**Hinweis:** Beginne diese Aufgabe vor der Untersuchung der Ufervegetation, da ansonsten die Libellen verschreckt werden könnten!



1. Bevor du beginnst, lies das Formular zu den Libellen durch und verschaffe dir eine Übersicht auf welche Merkmale zu achten ist und welche groben Unterschiede es zwischen Libellen gibt.  
*Optional: Die QR-Codes (unten) geben dir vertiefende Informationen.*
2. **Start:** Begib dich in den vorgegebenen Flächenbereich (siehe Karte in der Anleitung Ufergehölze) und suche dir einen beliebigen Start-Punkt aus. Trage die Start-GPS-Koordinaten und die Start-Uhrzeit ins Formular ein.
3. Gehe nun etwa 100m im langsamen Schrittempo dieser Strecke entlang. Halte alle Libellenbeobachtungen fest, die in diesem Bereich vorkommen. Orientiere dich am Foto oben rechts (Bereich=seitlich jeweils ~2,5m). Du solltest min. 15min für die 100m brauchen.  
*Hinweis: 150 Schritte entsprechen etwa 100m*
4. **A)** Bestimme nun die Libellenarten bzw, falls dies nicht eindeutig zu erkennen ist, die Libellengattung. Nutze zur Unterstützung die Artenliste und die Websites (QR-Codes). Falls Libellen außerhalb deines Bereiches vorkommen, kannst du diese trotzdem erfassen, bitte dann markieren (z.B. \*außerhalb).  
**B)** Falls keine genauere Bestimmung möglich ist, dann notiere die Merkmale so gut wie möglich. Falls bspw. nur ein Merkmal erkennbar ist, dann trage nur dieses ein und lasse die anderen Felder leer. Wichtig ist, dass alle Beobachtungen notiert werden.  
*Hinweis: „Libelle im Flug, weiteres nicht erkennbar/zu schnell“ sind auch wichtige Daten!*
5. Mache ein Nachweis Foto je Libellenart (wenn möglich). Versuche die Merkmale bestmöglich zu erfassen (ideal 1x seitlich & 1x von oben). Vergiss nicht die Uhrzeit des Fotos zu notieren, damit das Foto im Nachgang zu deiner Bestimmung zuordenbar ist (ein anderes System ist auch möglich, z.B. Foto gleich nummerieren o.ä.)  
*Tip:* Einige Libellen kehren gerne auf einen festen Ansitzplatz (Ast/Grashalm) zurück. Mit langsamen Bewegungen schafft man es von sehr nah ein Foto zu machen.
6. **Ende:** Am Ende der Strecke notierst du die End-Uhrzeit und trägst deine End-GPS-Koordinaten ein.  
*Falls du keine Libellen auf deiner Strecke gefunden hast, kannst du gerne eine weitere Strecke anlegen. Bitte alle Strecken immer notieren.*

#### Artenliste in AT



#### Steckbriefe mit Bildern



#### Nach Farbe



Formular Libellen					
Name:		Temperatur (C°):		Start-Uhrzeit:	
Datum:		Windstärke <sup>6</sup> :		End-Uhrzeit:	
Start-GPS-Daten:			End-GPS-Daten:		
Fund Nr.	Kleinlibelle <sup>1</sup> / Großlibelle <sup>2</sup>	Farbe <sup>3</sup>	Spezielles Merkmal <sup>4</sup> / Sonstige Anmerkung <sup>5</sup>	Foto-Uhrzeit	Gruppe oder Art <sup>1</sup>

\*falls mehr Zeilen benötigt, Hinterseite verwenden

<sup>1</sup>wenn du nur die Gattung angibst, dann führe sp. an (z.B. Sympetrum sp.)

<sup>1</sup> Kleinlibelle: In Ruhehaltung: Flügel über dem Rücken zusammengeklappt; Im Flug: eher langsam, flatternd; Augen seitlich bzw. breit auseinander

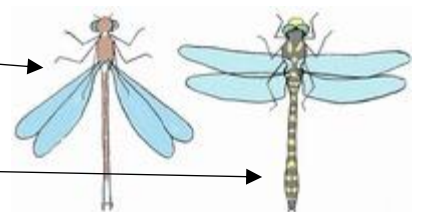
<sup>2</sup> Großlibelle: In Ruhehaltung: Flügel waagrecht ausgebreitet; Im Flug: eher schnell; Augen sehr eng bzw. berühren sich

<sup>3</sup> Rot, Orange, Blau, Grün, Gelb, Braun, Schwarz, Bunt

<sup>4</sup> z.B. drei abwechselnde schwarze Striche am Rücken; sehr schmale Flügel; sonstiges (beschreibe)

<sup>5</sup> sehr schnell im Flug/nicht erkennbar; aus den Augen verloren; sonstiges (beschreibe)

<sup>6</sup> 0 – Windstille; 1 – kaum merklich; Rauch treibt leicht ab; 2 – Blätter rascheln; Wind im Gesicht spürbar; 3 – Blätter und dünne Zweige bewegen sich; 4 – Zweige bewegen sich; Papier wird vom Boden gehoben



## Anleitung: Ufergehölze "Trainiert"

### Material:

- ❖ Smartphone mit funktionierender Kamera
- ❖ Installierte Flora Incognita App
- ❖ Formular zum Ufergehölze
- ❖ Karte des Untersuchungsgebietes
- ❖ Artenliste



### Aufgaben:

1. **Start:** Wähle einen Startpunkt im vorgegebenen Flächenbereich und trage diesen in die beigelegte Karte ein. Trage die Start-Uhrzeit ins Formular ein.
2. **Ziel:** Gehe etwa 20 Schritte in eine Richtung und bestimme dabei alle Bäume (!), welche zwischen Weg und Uferrand vorkommen. Falls du Hilfe bei der Bestimmung brauchst, verwende die Flora Incognita App<sup>1</sup> und die Artenliste. (!) Bestimme nur Bäume, die min. größer, wie du selbst sind und deine Hand sollte den Stamm (auf Brusthöhe) nicht umschließen können.
3. Trage die ermittelte Art in das Formular ein, jeweils mit deutschen und wissenschaftlichen Namen (!). Markiere den Standort des Baumes in der Karte so genau wie möglich. Trage dafür die Fundnummer auf der Karte ein. (!) Hinweis: falls du dir bei der konkreten Baumart nicht sicher bist, dann trage nur die Gattung ein (z.B. Weide – Salix sp.)
4. **Ende** Trage deinen Endpunkt in die Karte ein und notiere die End-Uhrzeit.
- △ 5. **Ökologische Zeigewerte:** Ermittle im Nachgang die ökologischen Zeigewerte der ermittelten Baumarten. Scanne dazu diesen QR-Code und trage die Baumart in die Suchleiste der Website ein. Trage die gesuchten Eigenschaften in das Formular ein.
- △ 6. Finde heraus, ob es sich bei deinen gefundenen Baumarten um heimische oder Neophyten handelt. Trage in der Tabelle jeweils „0“ (heimisch) oder „X“ (Neophyt) ein.



<sup>1</sup>Bestimmung: Wähle in der App „Pflanze erkennen“ aus. Wähle nun in der unteren Drehleiste „Baum“ aus. Folge nun den weiteren Anleitungen der App. Sollte eine Eigenschaft nicht möglich sein zu fotografieren (z.B. Frucht) dann überspringe das Foto mit „?“ unten rechts. Falls du dir mit dem Ergebnis nicht sicher bist, wiederhole das Fotografieren und halte das im Formular fest.

<b>Formular Ufergehölze</b>
-----------------------------

[illegible]

\*bei Platzmangel Rückseite verwenden

[illegible]

\*die Website verlangt die konkrete Baumart, falls du diese nicht weißt, wähle eine davon aus (z.B. Salix sp. -> Salix alba)



## Beigefügte Unterlagen

Farbskala			
	Light	Medium	Dark
No colour			
Green (algae)			
Brown (organic matter)			
Grey (mineral matter)			

Feedback (stichwortartige Sätze)
Waren die Anleitungen verständlich? Gab es bestimmte Begriffe oder Abschnitte, die unklar waren? Wenn ja, welche?“
Was könnte optimiert werden? Welche zusätzlichen Informationen hätten dir geholfen? Wie könnte die Anleitung besser aufbereitet werden (z.B. visuell, textlich, strukturell)?
Welche der drei Aufgabe war am schwierigsten? Welche am leichtesten? (Libellen, Wasserqualität, Ufergehölze)? Warum empfandest du diese Aufgabe als besonders schwierig oder leicht?
Was war die größte Herausforderung?
Was hat dir am besten gefallen?
Sonstiges Feedback:

## Liste möglicher Gehölze in Auen

### Kategorie Weichholzaue

#### Weiden (Salix sp.)

Silber-Weide (Salix alba)

Purpur-Weide (Salix purpurea)

Bruch-Weide (Salix fragilis)



#### Erlen (Alnus sp.)

Schwarz-Erle (Alnus glutinosa)

Grau-Erle (Alnus incana)

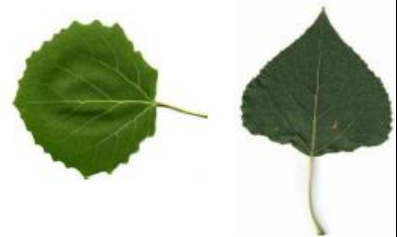


#### Pappeln (Populus sp.)

Schwarz-Pappel (Populus nigra)

Silber-Pappel (Populus alba)

Zitter-Pappel (Populus tremula)



### Kategorie Hartholzaue

#### Eschen

(Fraxinus sp.)

Gemeine Esche (Fraxinus excelsior)

Schmalblättrige Esche (Fraxinus angustifolia)



#### Ulmen (Ulmus

sp.)

Flatter-Ulme (Ulmus laevis)

Feldulme (Ulmus minor)

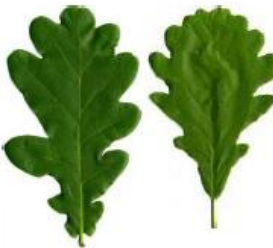


#### Eichen

(Quercus sp.)

Stieleiche (Quercus robur)

Traubeneiche (Quercus petraea)



#### Ahorn (Acer

sp.)

Berg-Ahorn (Acer pseudoplatanus)

Feld-Ahorn (Acer campestre)



### Kategorie Neophyten

#### Götterbaum (Ailanthus altissima)



#### Eschen-Ahorn (Acer negundo)



#### Robinie (Robinia pseudoacacia)



## Anhang B: Liste der Taxa – Libellen

### 1) Blaue Federlibelle - *Platycnemis pennipes*



### 2) Große Pechlibelle - *Ischnura elegans*







3) Blutrote Heidelibelle - *Sympetrum sanguineum*





4) Südliche Heidelibelle - *Sympetrum meridionale*





5) Große Heidelibelle - *Sympetrum striolatum*



6) Herbst-Mosaikjungfer - *Aeshna mixta*



## Anhang C: Liste der Taxa - Gehölze

1) Eschenahorn – *Acer negundo*



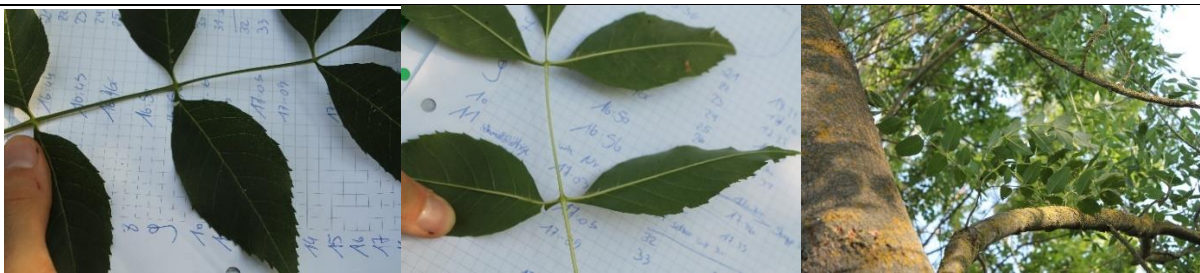
2) Feldahorn – *Acer campestre*



3) Eingriffeliger Weißdorn - *Crataegus monogyna*



4) Gewöhnliche Esche – *Fraxinus excelsior*



5) Schmalblättrige Esche - *Fraxinus angustifolia*

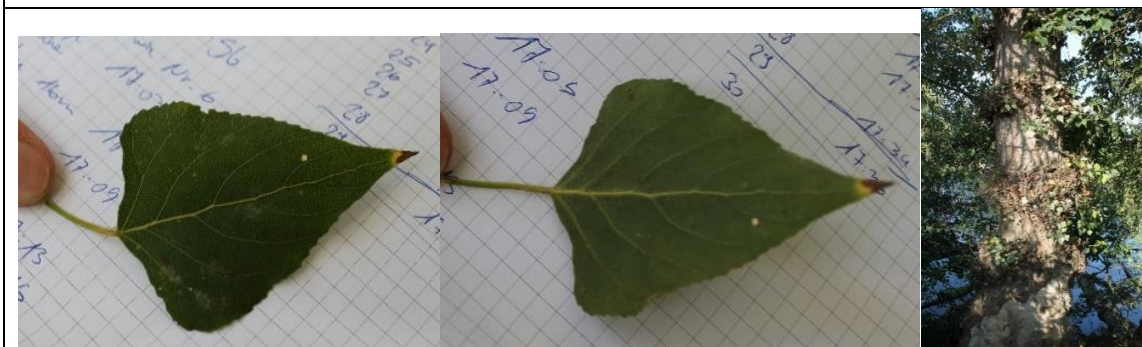




6) Silber Pappel – *Populus alba*



7) Schwarz Pappel - *Populus nigra*



8) Schlehe - *Prunus spinosa*



9) Stiel Eiche – *Quercus robur*





10) Echter Kreuzdorn - *Rhamnus cathartica*



11) Weide – *Salix* sp.



12) Flatterulme – *Ulmus laevis*



13) Feldulme – *Ulmus minor*



14) Gemeiner Schneeball - *Viburnum opulus*

