



UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN  
University of Natural Resources  
and Life Sciences, Vienna

# Masterarbeit

## Auswirkungen des Makrophytenmanagements an der Alten Donau auf die Artenzusammensetzung submerser Makrophyten

verfasst von

Lena GROIß, BSc

im Rahmen des Masterstudiums

Landschaftsarchitektur und Landschaftsplanung

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

Wien, Juni 2023

Betreut von:

Univ. Prof. Dr. Karl-Georg Bernhardt

Institut für Botanik

Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung

# 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 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, 09. Juni 2023

Lena GROIB, BSc (eigenhändig)

# Danksagung

Allen voran möchte ich meinem Betreuer, Herrn Univ. Prof. Dr. Karl-Georg Bernhardt, Dank für die Betreuung dieser Arbeit trotz bereits angetretenem Ruhestand aussprechen.

Danke an die Dienststelle und Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der Wiener Gewässer für die tatkräftige Unterstützung bei der Durchführung der Erhebungen, für den Zugang zu vielen nicht veröffentlichten Daten und das Hintergrundwissen, das ich mir im Verlauf meiner Beschäftigung bei der Stadt Wien aneignen konnte und das wesentlich zum Thema und den Grundstock dieser Arbeit beigetragen hat. Ich freue mich darüber, mit dieser Arbeit zusätzliches Wissen über meinen Fachbereich zu schaffen.

Ich möchte mich bei Frau Dr. Pall und Herrn Dr. Donabaum nicht nur für fachliche Auskünfte im Zuge des Verfassens dieser Arbeit, sondern auch für die langjährig bestehende gute Zusammenarbeit bedanken.

Ein großes Danke geht auch an meine Familie dafür, dass ihr mich immer unterstützt habt. Vor allem an meine Mutter für das Korrekturlesen und, dass du immer an mich glaubst. Aber auch Anna und Andi – danke, dass ihr immer für mich da seid!

Wenn Kollegen auch zeitgleich gute Freunde sind, die dich nicht nur fachlich unterstützen, sondern darüber hinaus den Rücken stärken, kann man das nur als Gewinn betrachten. Danke an Isabella und Roman.

Danke, Julia, für dein Coaching und die Mithilfe bei der Strukturierung zu einer besonders schwierigen Zeit!

Vielen Dank, an die Hausherren der Moro-Hütte für das Anvertrauen des besten Arbeitsplatzes, denn in den Bergen schreibt es sich viel leichter.

Und last, but not least, ein großes Danke an Dominik, für den Ansporn, das Beste aus mir herauszuholen zu wollen.

Weiters danke ich auch allen hier nicht namentlich genannten, die mich dennoch in unterschiedlichster Form unterstützt haben.

# Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung.....	I
Danksagung.....	II
Inhaltsverzeichnis.....	III
Kurzfassung.....	1
Abstract.....	2
1 Einleitung.....	3
1.1 Makrophyten.....	3
1.1.1 Allgemeines & Wachstumsvoraussetzungen.....	3
1.2 Forschungsfragen.....	13
2 Untersuchungsgebiet.....	14
2.1 Alte Donau.....	14
2.1.1 Allgemeines.....	14
2.1.2 Makrophyten in der Alten Donau – Einst bis heute.....	28
2.1.3 Makrophytenmanagement an der Alten Donau.....	32
2.2 Entnahmestellen.....	35
2.3 Methodik.....	39
2.3.1 Probenentnahmen.....	39
2.3.2 Kartierungsmethoden.....	41
2.3.3 Auswertung der Ergebnisse:.....	43
3 Ergebnisse.....	44
3.1 Aufnahmeergebnisse und Analyse.....	44
3.1.1 Vorgefundene Arten und Individuenzahl.....	44
3.1.2 Vitalitätseinstufung.....	59
3.1.3 Erhebung Nass- und Trockengewicht.....	72
4 Diskussion der Ergebnisse.....	78
4.1 Artenzusammensetzung.....	78
4.2 Zusammenhänge und Vergleiche diverser Parameter.....	79
4.2.1 Gegenüberstellung Individuenanzahl – Gewicht.....	79
4.2.2 Gegenüberstellung Vitalität – Individuenanzahl & Gewicht.....	85
4.2.3 Nährstoffentwicklung.....	93
4.3 Unterschiede zwischen den Beobachtungsflächen.....	94
5 Fazit und Ausblick.....	95
6 Literaturverzeichnis.....	97

7	Tabellenverzeichnis .....	99
8	Abbildungsverzeichnis .....	100
	Anhang A: Aufnahmeprotokoll.....	103
	Anhang B: Aufnahmeergebnisse.....	104

# Kurzfassung

In den vergangenen Jahren ist in der Alten Donau eine stetige Zunahme des Makrophytenbewuchses zu verzeichnen. Um eine weiterhin ungestörte Nutzung eines der wichtigsten Naherholungsgebiete Wiens zu ermöglichen und dennoch die gute Wasserqualität und den Makrophytenbestand nicht zu gefährden, gibt es seitens der Stadt Wien ein spezielles Makrophytenmanagement. Dabei werden unter anderem Mäharbeiten durchgeführt. Im Zuge dieser Arbeit wurden Zusammenhänge und Auswirkungen der Mähmaßnahmen untersucht. Dabei wurden an sechs verschiedenen Stellen der Alten Donau Proben im Beobachtungszeitraum Mai bis Oktober 2021 erhoben und anhand der Artenzusammensetzung, der Individuenanzahl, des Nass- und Trockengewichts, sowie der Vitalität der Pflanzen analysiert. Zusammenfassend kann als Ergebnis dieser Untersuchungen festgehalten werden, dass eine konkrete Aussage über eine, durch die Mäharbeiten bedingte Veränderung in der Artenzusammensetzung nur mit weiteren Erhebungen in größerem Umfang möglich ist. Die durchgeführten Mäharbeiten jedoch keine negativen Auswirkungen auf den Makrophytenbestand ausüben. Außerdem kann die Pflanzenvitalität in der gesamten Alten Donau als gut betrachtet werden. Der Pflanzenbestand nimmt bei verbesserter Vitalität und erhöhter Nährstoffverfügbarkeit zu.

## Abstract

In the past years, an increase of the water plants in the Old Danube can be registered. To enable an ongoing and undisturbed use of the Old Danube, as one of Vienna's most important recreational areas, without endangering the population of submerged macrophytes and the good water quality, the government of Vienna initialized the management of macrophytes. To do so, the plants get mowed beside of other measurements. In order to write this thesis, surveys regarding the correlations and the effects of the measurements on the plant growth were investigated. Therefore, samples at six different spots in the Old Danube over a period from May to October 2021 were taken and analyzed regarding the found species, the number of plant individuals, the weight of the wet and dried plants, as well as the vitality of the plants. As conclusion of these analyses, it is not possible to do any concrete statement if the mowing activities causing a change in the composition of the found species for now. To do so, further investigations in a wider scale has to be done. However, the mowing activities have no negative effect on the plant community of the Old Danube and the macrophytes are in good vital conditions. With increasing availability of nutrients an increase of the plant vitality can be registered.

# 1 Einleitung

Das Ökosystem eines Gewässers zählt zu einem der empfindlichsten und komplexesten Ökosystemen. (Hayes, Greimel, & Schmutz, 2022)

Eingriffe in dieses stehen daher immer in Verbindung mit Veränderungen. Diese können sich entweder in kleinem Maßstab äußern oder das gesamte Ökosystem (nachhaltig) verändern.

## 1.1 Makrophyten

### 1.1.1 Allgemeines & Wachstumsvoraussetzungen

Betrachtet man unterschiedliche Erläuterungen des Begriffs Wasserpflanze oder Hydrophyt, lassen sich diese unter folgender zusammenfassen (Wiegleb, 1991):

*„Unter Wasserpflanze versteht man eine Pflanze, die in oder am Wasser lebt.“*

Anhand diverser morphologischer, anatomischer und physiologischer Merkmale haben sich Hydrophyten an den Lebensraum Wasser angepasst und lassen sich so von anderen Pflanzen abgrenzen. Die Anpassung bezieht sich dabei auf historisch erworbene und genetisch fixierte Merkmale, welche eine Besiedelung spezieller Habitats ermöglichen. (Wiegleb, 1991). Die relevantesten Unterscheidungsmerkmale werden in Kapitel Habitus erörtert. Unter Makrophyten sind dabei alle höheren Wasserpflanzen, Moose und Armleuchteralgen zu verstehen.

Als Primärproduzenten insbesondere in der Makrophytenregion von Fließgewässern, flachen Seen, Teichen und grabenartigen Gewässern bilden Makrophyten die Grundlage des Stoff- und Energieumsatzes. Zudem tragen Makrophyten maßgeblich zur Strukturierung von Lebensräumen der Fauna bei und stehen in einer Vielzahl von Wechselwirkungen mit den physikalischen und chemischen Komponenten eines Gewässers. (Dahl & Wiegleb, 1984 in (Wiegleb, 1991)). Unter Primärproduzenten fallen jene Pflanzen, welche zur Nährstoffgewinnung Photosynthese betreiben.

Vermehrung, Wachstum und Entwicklung der Individuen, Migration und physiologische Anpassung beziehungsweise das Verhalten sind stark von den vorherrschenden Bedingungen beeinflusst und vom jeweiligen Ökosystem abhängig (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2012).

Zu den entscheidenden Wachstumsvoraussetzungen zählen:

- Wassertemperatur
- Licht
- zu Verfügung stehende Nährstoffe
- Sauerstoffgehalt und Sättigung des Wassers
- pH-Level

Die genannten Parameter werden im folgenden Kapitel Wachstumsvoraussetzungen näher betrachtet.

### Wachstumsvoraussetzungen

#### *Wassertemperatur*

Aufgrund seiner Molekularstruktur weist Wasser eine hohe Wärmespeicherkapazität auf, was zu geringeren Temperaturschwankungen als an Land führt. Dies lässt sich sowohl im Tages- als auch im Jahresverlauf beobachten (Brönmark & Hansson, 2005).

Hauptfaktor der Wärmeentwicklung im Wasser ist die Sonneneinstrahlung. Insbesondere in den ersten paar Metern wird einfallendes Sonnenlicht mehr oder weniger direkt in Wärme umgewandelt. Die Absorption von Sonnenstrahlen und deren Umwandlung in Wärme ist allerdings stark auf die ersten paar Meter limitiert und nimmt schnell exponentiell ab. Neben der Sonneneinstrahlung hat auch die, durch Luftbewegungen bedingte Wasserzirkulation Einfluss auf die Wärmeverteilung eines Gewässers, jedoch lediglich in der obersten Schicht (Brönmark & Hansson, 2005).

Die vorherrschenden Temperaturbedingungen haben wesentlichen Einfluss auf diverse biologische Prozesse und Verhalten in der Flora und Fauna eines Gewässers.

So ist die Entwicklung und der Stoffwechsel von Organismen an eine individuelle Idealtemperatur gekoppelt. Wird nun durch Anstieg der Wassertemperatur die Idealtemperatur einer Spezies erreicht, kann sich dadurch ein Standortvorteil für die jeweiligen Individuen ergeben.

### *Licht*

Wie bereits angeführt, ist die Sonneneinstrahlung der Hauptaspekt hinsichtlich des Energieumsatzes und daraus resultierend der Wassertemperatur eines Gewässers. Licht kann daher nicht nur als maßgeblicher Faktor für die Photosynthese, sondern generell für die vorherrschenden Wachstumsbedingungen betrachtet werden.

Die, durch Lichteinstrahlung erreichte Tiefe wird hauptsächlich durch, im Wasser gelöste und schwebende Stoffe, also die Gewässertrübung bestimmt und hat direkten Einfluss auf die vorherrschende Sichttiefe und Lichtverhältnisse. Die Tiefe, in die Licht in einem Gewässer maximal eindringt bildet eine Grundlage für das Leben von Organismen. Insbesondere für Primärproduzenten wie Algen und Makrophyten, bildet Licht als primäre Energiequelle die Basis der Photosynthese. Deren Vorkommen und maximale Wachstumstiefe im Gewässer ist daher durch die vorherrschenden Lichtverhältnisse limitiert. (Brönmark & Hansson, 2005)

Ähnlich wie die Temperatur unterliegt die Sonneneinstrahlung im Laufe eines Jahres starken Schwankungen. Grund dafür sind die saisonal bedingten Änderungen hinsichtlich der Dauer, Stärke und Intensität und des Einstrahlungswinkels von Sonnenlicht. Das hat in weiterer Folge Auswirkungen auf die Wachstumsraten von Makrophyten. (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2012).

### *Nährstoffe*

Die Verfügbarkeit und das Ausmaß der Nährstoffe in gelöster Form im Wasser oder in gebundener Form im Sediment eines Gewässers ist ausschlaggebend für die Artenzusammensetzung. Für manche Organismen ist das Vorhandensein eines einzelnen Nährstoffs erforderlich, andere benötigen die passende Zusammensetzung von Makro-Nährstoffen wie Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor, Silizium und Mikro-Nährstoffen wie Molybdän, Zink, Magnesium, Eisen und Kupfer. (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2012). Ein erhöhter Nährstoffgehalt kann aber auch zu einem erhöhten Grad der Eutrophierung des Gewässers führen. (Löffler, 1988)

### *Sauerstoffgehalt*

Die horizontale und vertikale Verteilung des Sauerstoffs im Wasser hat Auswirkungen auf die Artenverteilung und beeinflusst die Wachstumsrate, sowie die physiologische und biochemische Anpassung der Pflanzen. Ein unterbundenenes Pflanzenwachstum kann daher auf einen zu geringen Sauerstoffgehalt (anoxisch) im Wasser zurückzuführen sein (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2012).

Sauerstoff wird bei kälteren Temperaturen besser in Wasser aufgenommen (Brönmark & Hansson, 2005).

### *pH-Level*

Neben dem Sauerstoffgehalt ist der pH-Wert des Wassers als entscheidendster chemischer Einflussfaktor hinsichtlich des Pflanzenwachstums zu sehen (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2012).

### Habitus

Die Unterscheidung der Lebens- und Wuchsform von Makrophyten hebt Wiegleb in seinem Text „Die Lebens- und Wuchsformen der makrophytischen Wasserpflanzen und deren Beziehungen zur Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung der Arten“ besonders hervor.

Den Begriff Lebensform fasst er als die Anpassung an den Lebensraum Wasser, sowie, den an den genotypisch fixierten Lebenszyklus zusammen. Darunter fallen unter anderem Veränderungen der Lebensgemeinschaft im Laufe einer Saison oder nach Störungen.

Wohingegen sich der Begriff Wuchsform auf das tatsächliche Erscheinungsbild und somit eher dem phänotypischen Erscheinungsbild bezieht, individuenabhängig ist und sich im Laufe eines Lebenszyklus auch verändern kann. Zudem ist die Wuchsform darüber entscheidend, wo die Photosynthese stattfindet, und ist in weiterer Folge an wichtigen ökologischen Prozessen wie Stoffkreisläufe, Produktion und Dekomposition beteiligt (Wiegleb, 1991). Des Weiteren ist die Wuchsform der in einer Lebensgemeinschaft dominierenden Pflanzen maßgeblich für deren strukturellen Rahmen (Wiegleb, 1991). Wuchsformen lassen sich nicht streng klassifizieren und können genauso in Zwischenformen auftreten.

Entscheidend sind gemäß Wiegleb bei der Einstufung folgende Gesichtspunkte (Wiegleb, 1991):

1. Der Grad der habitatsökologischen, sowie evolutionsbiologischen Anpassung an den Lebensraum Wasser
2. Das Erscheinungsbild der Pflanze und Verteilung von Pflanzenbeständen im Raum
3. Die zeitliche Abfolge hinsichtlich Entwicklungsstadien, Formen, Pflanzenteilen und anderer demographischer Parameter

Die relevantesten Unterscheidungsmerkmale zwischen Wasser- und Landpflanzen sind auf die geringere Verfügbarkeit der Parameter Licht, Sauerstoff und anorganischen Kohlenstoff zurückzuführen und zeigen sich durch unterschiedlichste Anpassungen an die vorherrschenden Lebensbedingungen. (Wiegleb, 1991)

Das Vorhandensein dieser Anpassungsmerkmale kann anhand der jeweilig vorzufindenden Situation variieren und ist somit kontextabhängig zu betrachten. So sind Abgrenzungen zu den unterschiedlichen Lebens- und Wuchsformen der Unterwasserpflanzen, aber auch zu Landpflanzen oftmals fließend.

Im Groben unterscheidet Wiegleb daher fünf Klassen, welche auch die Bildung von Landformen und die Möglichkeit der Unterwasserphotosynthese beachten:

1. Hydrophyten ohne die Fähigkeit zur Bildung von Landformen, die somit von ausreichender Verfügbarkeit von Wasser abhängig sind.
2. Hydrophyten, welche die Fähigkeit zur Bildung von Landformen besitzen und so kurzfristige Trockenphasen überdauern können. In diesem Fall besteht meist noch eine Verbindung zu wasserhaltigem Boden.
3. Pflanzen, die sowohl an Land als auch im Wasser vorkommen und somit als Amphiphyten bezeichnet werden.
4. Pflanzen, welche über einen gewissen Zeitraum unter Wasser Photosynthese betreiben können. Diese kommen insbesondere in Lebensräumen vor, welche starken Wasserstandschwankungen unterliegen.
5. Pflanzen, die im Generellen lediglich mit den Wurzeln oder der Sprossbasis im Wasser stehen. Eine Unterwasserphotosynthese findet nicht statt, Überflutungen werden jedoch toleriert.

## Makrophyten & Nährstoffe

„Übermäßiges Wachstum von submersen Wasserpflanzen ist meist ein typisches Zeichen einer anthropogen bedingten Eutrophierung in seichten aquatischen Ökosystemen.“ (Löffler, 1988)

Diese Aussage legt nahe, dass es einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen, durch Menschen bedingten, erhöhten Nährstoffeintrag in Gewässer, dem daraus beeinflussten Nährstoffkreislauf eines Gewässers und dem Nährstoffhaushalt von Wasserpflanzen gibt, mit dessen Bestimmung die Wechselwirkung von Makrophyten und anderen Komponenten des Ökosystems erhoben werden kann und somit eine unerlässliche Grundlage für das Management des entsprechenden Gewässers geschaffen wird. So kann die Reproduktionsrate und schnelles Wachstum von Makrophyten zu einem starken Anstieg der Biomasse eines Gewässers führen, welche während des Abbaus Nährstoffe wie Phosphor und Stickstoff an den Wasserkörper und das Sediment abgibt und zugänglich für beispielsweise Phytoplankton macht und deren Wachstum fördert. (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2012)

Löffler benennt bezüglich der Messung von Nährstoffen im Gewebe von Wasserpflanzen vier relevante Ziele (Löffler, 1988):

- 1 Bestimmung des Nährstoffgehalts von Makrophyten
- 2 Abschätzung, welche Auswirkungen das Abernten von Makrophyten auf den Nährstoffkreislauf eines Gewässers mit sich zieht
- 3 Mögliche Limitierung der Nährstoffe im Gewässer
- 4 Optionen für die Verwendung geernteter Makrophyten

### *Makrophyten als Bioindikatoren*

Als Bioindikator lässt sich eine Gemeinschaft von Lebewesen bezeichnen, deren Vorkommen oder sonstiges leicht erkennbares Verhalten mit bestimmten Umwelteinflüssen so stark korrelieren, dass sie als Zeiger dieses Faktors angesehen werden können. (Ellenberg in (Melzer, 1985)).

Laut Melzer lässt sich im Wesentlichen zwischen drei Möglichkeiten zur Bioindikation unterscheiden (Melzer, 1985):

1. Anzeigen bestimmter Gewässerzustände durch Wasserpflanzen und -gesellschaften im Allgemeinen

2. Anzeigen der Gewässerbelastung durch spezielle Zeigerarten, welche diese durch Akkumulation toxischer Stoffe bzw. Vitalitätsveränderungen anzeigen
3. Toxizitätsnachweis von Chemikalien, welche durch bestimmte Testpflanzen unter Laborbedingungen angezeigt werden

Die ersten beiden Kategorien sind dabei in natürlichen Gewässern anwendbar.

Aufgrund ihrer spezifischen Standortansprüche eignen sich ausgewählte Wasserpflanzenarten, um anhand ihres Vorkommens, sowie deren Häufung und Verteilung Rückschlüsse über den Zustand des Gewässers zu ziehen. Besonders geeignet sind Makrophyten zur Bioindikation des Nährstoffgehalts von Gewässern (Moser, 2001). Durch die direkte Reaktion durch Wasserpflanzen auf Nährstoffe kann dabei das Wachstum nicht nur gefördert, sondern auch gehemmt werden (Melzer, 1985).

Neben der Standortansprüche lassen sich auch andere Faktoren, wie die Interaktion mit anderen Spezies, sowie die Toleranz gegenüber physikalischen und chemischen Einflüssen (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2012) durch Makrophyten benennen.

#### *Makrophyten und Wasserqualität*

Zwei Einflussfaktoren spielen für die Qualität eines Gewässers eine wesentliche Rolle. Zum einen ist es der Artenreichtum eines Gewässers und den daraus resultierenden Wechselwirkungen und Beziehungen, zum anderen trägt der Nährstoffhaushalt einen wesentlichen Faktor hinsichtlich der Gewässergüte bei. Der Nährstoffhaushalt ist die Summe aus Photosynthese, Gasaustausch und Zersetzung. (Moss, 2017). Diese Prozesse werden maßgeblich durch die vorhandenen Nährstoffe, Licht, Temperatur, Niederschlag, Retention und Nahrungsnetz beeinflusst. Insbesondere die vorhandenen Nährstoffe sind ausschlaggebend für das Vorkommen unterschiedlicher Arten verantwortlich.

Das Vorkommen von Kohlenstoff im Gewässer ist ein entscheidender Faktor hinsichtlich des vorherrschenden PH-Wert des Gewässers. Je weniger Formen von Kohlenstoffverbindungen vorzufinden sind, desto höher ist der pH-Wert.

Ein weiterer unerlässlicher Einflussfaktor hinsichtlich des Nährstoffhaushalts ist der externe Nährstoffeintrag.

Der Trophiewert gibt die Intensität der photoautotrophen Primärproduktion an, und umfasst die aufbauenden Prozesse eines Gewässers. Die Summe der abbauenden

Prozesse, also die heterotrophe Bioaktivität, wird hingegen unter dem Begriff Saprobie zusammengefasst. An diesem haben Makrophyten an sich keine Beteiligung und eignen sich dadurch nicht als Indikator von Saprobie, da an den Abbauprozessen ausschließlich Bakterien, Pilze und Tiere beteiligt sind. Wasserpflanzen reagieren zwar auf organische Belastungen, lassen jedoch insbesondere im Anfangsstadium lediglich unspezifische und indirekte Rückschlüsse zu (Melzer, 1985).

Auch wenn die Trophie und die Saprobie eines Gewässers in Abhängigkeit zueinander stehen, kann nicht anhand des Grades der Trophie auf den Grad der Saprobie geschlossen werden, da sich diese beiden Werte nicht ständig im Gleichgewicht befinden. Auch in organisch nicht belasteten Gewässern ist das aufgrund der periodischen Biomasseentwicklung nicht der Fall. Die Saprobie kann hier nämlich erst einsetzen, wenn die Primärproduktion saisonal bedingt aussetzt und durch den Abbauprozess des abgestorbenen Pflanzenmaterials beginnt und es dadurch zu einer zeitlichen Versetzung der beiden Prozesse kommt. (Melzer, 1985)

Auch die Gegenüberstellung der Maxima von Trophie und Saprobie ist insbesondere in Fließgewässern nicht zielführend, da hier der flussabwärts gerichtete Transport abgestorbenen biologischen Materials nicht nur zu einer zeitlichen, sondern auch räumlichen Verschiebung führt. (Melzer, 1985)

Insbesondere durch die Einleitung von organischem Material vorgereinigter Abwässer gelangt dennoch eine hohe Konzentration an Nährstoffen ins Gewässer, welches in weiterer Folge vermehrt durch die Trophie und nicht durch die Saprobie beherrscht wird.

Durch die vermehrte Biomasseproduktion von Algen und makrophytischen Wasserpflanzen tritt die Problematik der organischen Sekundärbelastung immer häufiger in den Vordergrund (siehe dazu Kapitel Entwicklung von Makrophyten in (europäischen) Binnengewässern). Entscheidend ist dabei auch der, durch den Menschen bedingte erhöhte Nährstoffeintrag ins Gewässer.

Nimmt der Nährstoffhaushalt eines Gewässers, gemessen anhand des Totalphosphorgehalts stetig zu, beginnt der Prozess der Eutrophierung. Durch das erhöhte Nährstoffvorkommen steigt das Wachstum der Primärproduzenten. Der Anstieg an Biomasse von Algen und submersen Makrophyten wird im weiteren Verlauf jedoch durch die Vermehrung von Phytoplankton, vor allem Cyanobakterien

gebremst. Da durch das erhöhte Aufkommen die Gewässertrübung zunimmt, steht Licht als entscheidende Wachstumsvoraussetzung nicht mehr in ausreichender Form zu Verfügung. Das Absterben der zuvor stark zugenommenen Biomasse führt als Sekundärbelastung, zu einer Zunahme an nährstoffreichem Sediment, welches durch die im Sediment enthaltenen Bakterien abgebaut wird. Da dieser Prozess jedoch einen hohen Bedarf an Sauerstoff mit sich bringt, nimmt die Sauerstoffkonzentration im Gewässer ab, was in weiterer Folge zu einem Rückgang der Fischpopulation führt. Diese Abfolge an Veränderungen im Laufe der Gewässereutrophierung konnte in der Alten Donau in den 1990er Jahren beobachtet werden. Auf die gesetzten Gegenmaßnahmen und deren Auswirkungen wird in Kapitel Eutrophierung und Gewässersanierung näher eingegangen.

### Makrophyten und Fische

Für Fische stellen Makrophyten aus diversen Gründen eine entscheidende Lebensgrundlage dar. Die relevantesten lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: (Melzer, 1985) und (Brönmark & Hansson, 2005)

- Laichhabitat: Manche Fische laichen ausschließlich in dichten Makrophytenbewuchs, so kann ein entsprechender Schutz vor Fraßfeinden erreicht werden
- Versteck: Versteck von juvenilen und adulten Fischen vor Fraßfeinden
- Jagdrevier: Jagdgebiet für karnivore Fischarten
- Nahrungsquelle: Hierbei sind nicht nur die Pflanzen selbst als Nahrungsgrundlage anzuführen, sondern auch der Aspekt des Jagdreviers für jene Lebewesen, welchen Fische als Nahrung dienen.

Das Vorkommen und die Stabilität der Fischpopulation eines Gewässers steht somit in direkter Abhängigkeit zu einem entsprechenden Makrophytenbewuchs.

In der Alten Donau findet ein laufendes Monitoring der Fischpopulation statt, anhand dessen gegebenenfalls ein Fischbesatz durchgeführt wird.

### Makrophyten und Gewässernutzung

Für die meisten Formen der Nutzung eines Gewässers stellt dichter und hoher Makrophytenbewuchs einen massiven Störfaktor dar. Insbesondere für Badende und

beim Bootsbetrieb sind mit ausgeprägter Vegetation entsprechende Einbußen zu beklagen. Regulierende Maßnahmen und Pflegeeingriffe in den Makrophytenbewuchs stellen daher insbesondere in stark von Freizeitnutzung geprägten Gewässern einen wichtigen Punkt im Gewässermanagement dar.

Entscheidend hierbei ist allerdings, dass getätigte Maßnahmen nur so weit stattfinden, dass es zu keinen negativen Auswirkungen auf die Gewässerökologie kommt.

Die Findung des Gleichgewichts zwischen möglichst ungestörter Erholungsnutzung und Beibehalten eines stabilem Gewässerzustands und die dementsprechende Setzung von Eingriffen durch die Stadt Wien wird im Kapitel Makrophytenmanagement erörtert.

### Entwicklung von Makrophyten in (europäischen) Binnengewässern

Durch den Klimawandel und den dadurch bedingten globalen Temperaturanstieg, sowie den Anstieg der Treibhausgasemissionen sind auch in den Gewässern erhöhte Temperaturen messbar (Brönmark & Hansson, 2005), was Auswirkungen auf den Jahresverlauf der Wassertemperatur und daraus resultierend die thermische Durchmischung des Wasserkörpers hat. Am Beispiel der Alten Donau erkennt man diese Entwicklungen, wie bereits in Kapitel Hydrologie angeführt, neben der Jahresdurchschnittstemperatur auch anhand Extremwerte und der vermehrten Anzahl an eisfreien Phasen beziehungsweise der verkürzten Dauer der Eisbedeckung.

Als weitere Auswirkungen des Klimawandels sind (langfristige) Änderungen hinsichtlich des Grundwasserzustroms, des Nährstoffeintrags, der Nutzung eines Gewässers, des Absinkens des Wasserstandes und der Reduktion von Strömungsverhältnissen anzuführen. (Brönmark & Hansson, 2005)

Diese Änderungen begünstigen das Wachstum sowohl von Makrophyten als auch von Algen und bewirken einen Anstieg der Biomasseproduktion.

Die Eutrophierung von Gewässern wurde insbesondere in den 1960er und 1970er Jahren beobachtet (Brönmark & Hansson, 2005). Seitdem wurden unterschiedlichste Methoden entwickelt, um der Eutrophierung entgegenzuwirken. Darunter fallen der Entzug von Phosphor durch Sedimentbehandlung, der Eingriff in das betroffene Ökosystem mittels sogenannter „whole-scale-manipulation“ oder ein Wassertausch. (Vermaat & Hootsmans, 1991)

## 1.2 Forschungsfragen

Die im Zuge der Auseinandersetzung mit der derzeitigen Makrophytensituation in der Alten Donau, sowie der in dieser Arbeit angeführten Theorie wurden mittels Hypothesen definiert, welche sich in die folgenden Forschungsfragen gliedern lassen:

1. Sind saisonale Änderung der Artenzusammensetzung submerser Makrophyten in der Alten Donau zu erkennen?
2. Gibt es örtliche Unterschiede hinsichtlich des Makrophytenwachstums der unterschiedlichen Bereiche der Alten Donau?
3. Inwieweit haben die Mäharbeiten Auswirkungen auf die Artenverteilung, Wasserqualität und daraus resultierend dem Ökosystem der Alten Donau?

Diese sollen anhand der durch die Feldarbeit erhaltenen Ergebnisse so gut als möglich beantwortet werden.

## 2 Untersuchungsgebiet

### 2.1 Alte Donau

#### 2.1.1 Allgemeines

##### Lage & Klima

Als Altarm des Donaustroms liegt die Alte Donau zur Gänze auf Wiener Stadtgebiet im 21. und 22. Wiener Gemeindebezirk.

Aufgrund der Lage der Alten Donau lässt sich diese in einen oberen, der sogenannten Oberen Alten Donau und einen unteren Gewässerabschnitt, der Unteren Alten Donau einteilen. Die Grenze zwischen Oberer und Unterer Alten Donau bildet die Kagraner Brücke, über die die Wagramer Straße verläuft.

Als Teilbereich der Oberen Alten Donau bildet der Bereich orthographisch oberhalb des Birner Steigs den nördlichsten Abschnitt der Alten Donau und grenzt direkt an den Wasserpark an. Dieser ist im Wasserkreislauf zwar mit der Alten Donau verbunden, durch die bauliche Trennung jedoch kein Teil der Alten Donau.

Neben dem Hauptarm, welcher als ehemalige Schifffahrtsrinne von der Kagraner Brücke bis zum südlichsten Ende, dem sogenannten Seestern, verläuft, lässt sich die Untere Alte Donau weiter in die Bereiche Kaiserwasser, Nebenarm und Rechten Arm teilen. Die einzelnen Bereiche sind in Abbildung 1 – Übersichtskarte Alte Donau ersichtlich.

Durch deren starke räumliche Abgrenzung stellen sowohl das Kaiserwasser, als auch der Bereich oberhalb des Birner Steigs Besonderheiten dar und sind im Zuge von Managementmaßnahmen hinsichtlich ihrer Morphologie und Ökologie genauer zu betrachten.

Die Wasserfläche der Alten Donau beträgt rund 158,3 Hektar, wobei 61,56 Hektar zur Oberen Alte Donau und 96,74 Hektar zur Unteren Alten Donau zu zählen sind (Löffler, 1988).

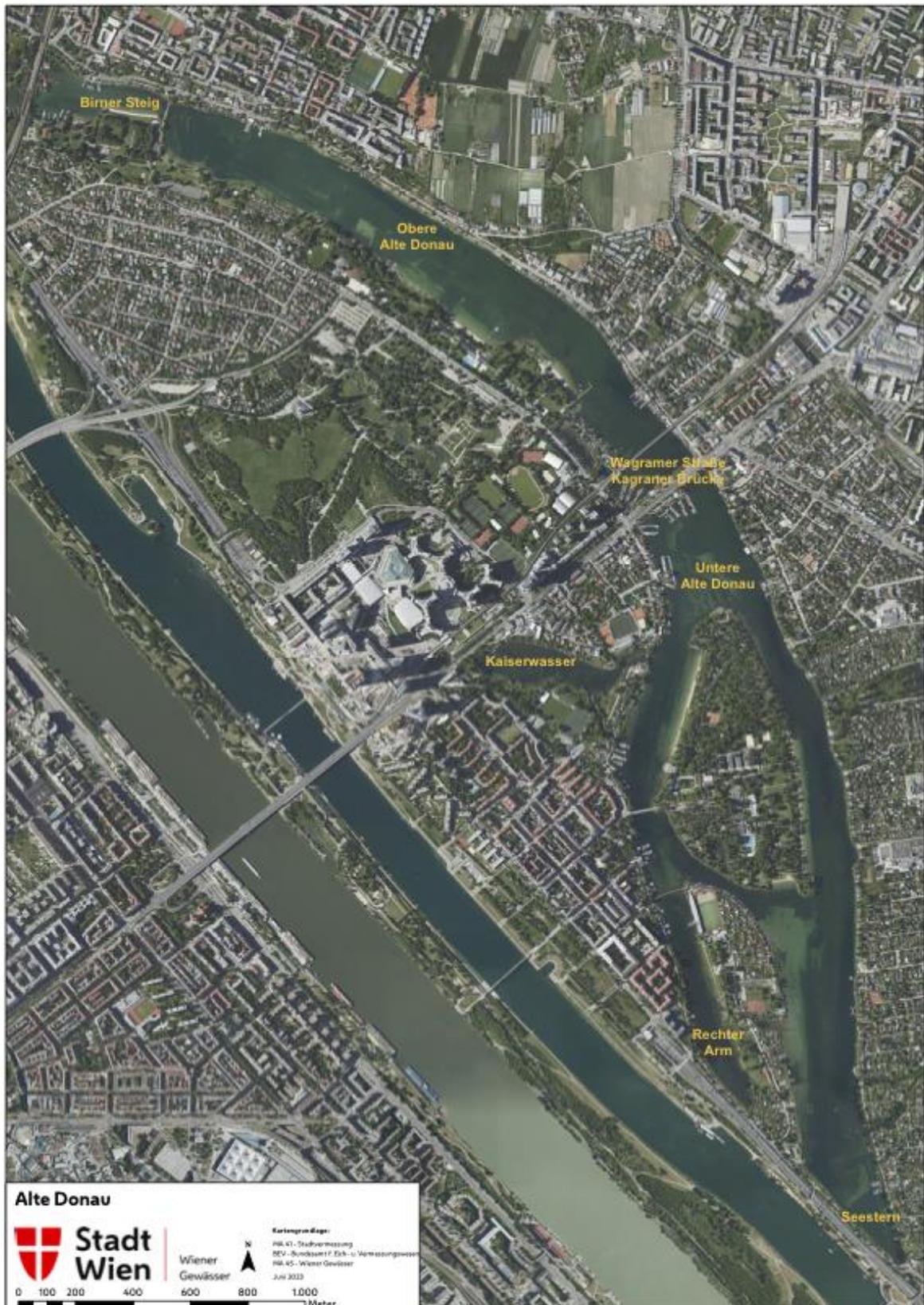


Abbildung 1 – Übersichtskarte Alte Donau

(Stadt Wien - Wiener Gewässer, 2023)

Klimatisch betrachtet liegt Wien in der gemäßigten, kontinentalen Klimazone und ist regional stark durch die Lage zwischen den erhöhten Wienerwald, als Ausläufer der Alpen und dem flachen Wiener Becken als Übergang zur Pannonischen Tiefebene geprägt. (Zentrum für Umweltgeschichte, 2019)

Der Temperaturjahresgang hat seine Maxima im Juli und August, wohingegen die tiefsten Temperaturen im Februar gemessen werden. (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018)

### Geschichtliche Entwicklung

Wien und dessen Entwicklung war schon immer stark durch die Donau und die dazugehörige Flusslandschaft geprägt. Jedes größere Hochwasser hat das Gewässer und die umliegende Landschaft neu geformt und so waren Donauhochwässer eine ständige Gefahr für in unmittelbarer Nähe liegenden Ansiedlungen. Aus diesem Grund wurde bereits früh versucht, durch unterschiedliche Regulierungen einen ausreichenden Hochwasserschutz zu schaffen. (Zentrum für Umweltgeschichte, 2019)

Die Donau mit ihrem heute bekannten Verlauf ist das Ergebnis der großen Donauregulierung, dem Donaudurchstich von 1870 bis 1875. Dabei wurde das heutige Flussbett gelegt und Altarme abgetrennt beziehungsweise trockengelegt. Der heute größte noch existierende Altarm ist die Alte Donau. (Zentrum für Umweltgeschichte, 2019)

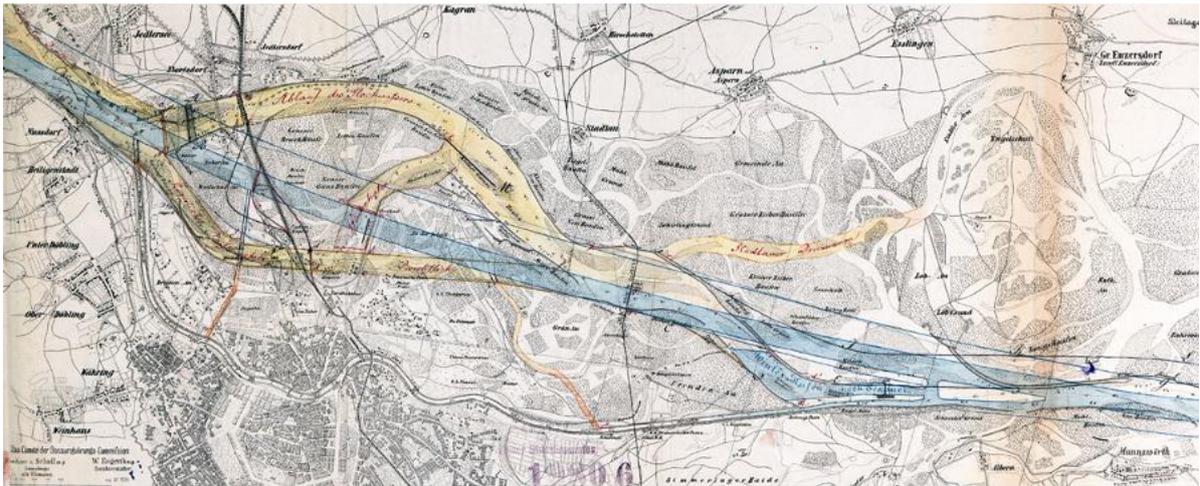


Abbildung 2 – Schema der Donauregulierung von 1870-1875

(Zentrum für Umweltgeschichte, 2019)

Trotz des im Zuge der Donauregulierung angelegten, zirka 450 Meter breiten Überschwemmungsgebiets im Bereich der heutigen Donauinsel und Neuen Donau, kam es 1899 zu einem massiven Hochwasser, was die Diskussion der Ablusskapazität des neuen Flusslaufs und einem Plan zur Verbesserung des Hochwasserschutzes mit sich brachte. Ein weiteres Hochwasser war 1954 letztlich der Anstoß, eines Entlastungsgerinnes inklusive Hochwasserschutzdämmen – der Neuen Donau und der Donauinsel. (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018)

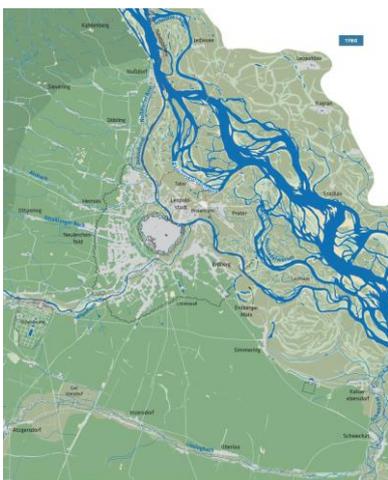


Abbildung 3 – Flusslauf der Donau (1780)

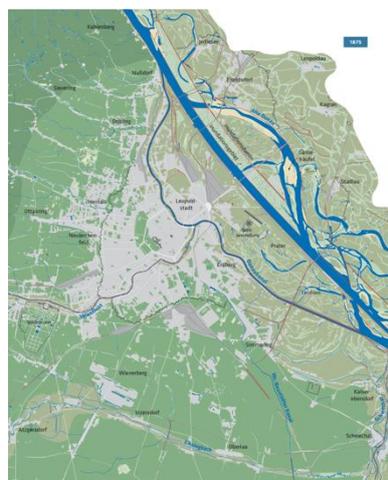


Abbildung 4 – Flusslauf der Donau (1875)



Abbildung 5 – Flusslauf der Donau (2010)

(Zentrum für  
Umweltgeschichte, 2019)

(Zentrum für  
Umweltgeschichte, 2019)

(Zentrum für  
Umweltgeschichte, 2019)

### Morphologie

Bei einer mittleren Tiefe von 2,3 bis 2,5 Meter (Löffler, 1988) ist die Alte Donau als seichtes Gewässer einzustufen. Die Schwankung der Gewässertiefe ist unter anderem durch die Absenkung im Frühjahr bedingt.

Mit einer Tiefe von 6,8 Meter zählt das sogenannte „Birner Loch“, südlich des Birner Steigs im Norden der Oberen Alten Donau zur tiefsten Stelle der Alten Donau (Pall, 2017).

In der Unteren Alten Donau ist besonders eine Tiefenrinne, welche im Hauptarm vom nördlichen Ende des Gänsehäufels bis zur „Großen Bucht“ verläuft hervorzuheben. Diese erreicht eine Tiefe von bis zu 5 Meter. Dabei handelt es sich um die ehemalige Schifffahrtsrinne der Donau (Löffler, 1988).

Eine Übersicht der Gewässertiefen über die gesamte Alte Donau bietet Abbildung 6 – Karte Wassertiefen Alte Donau.

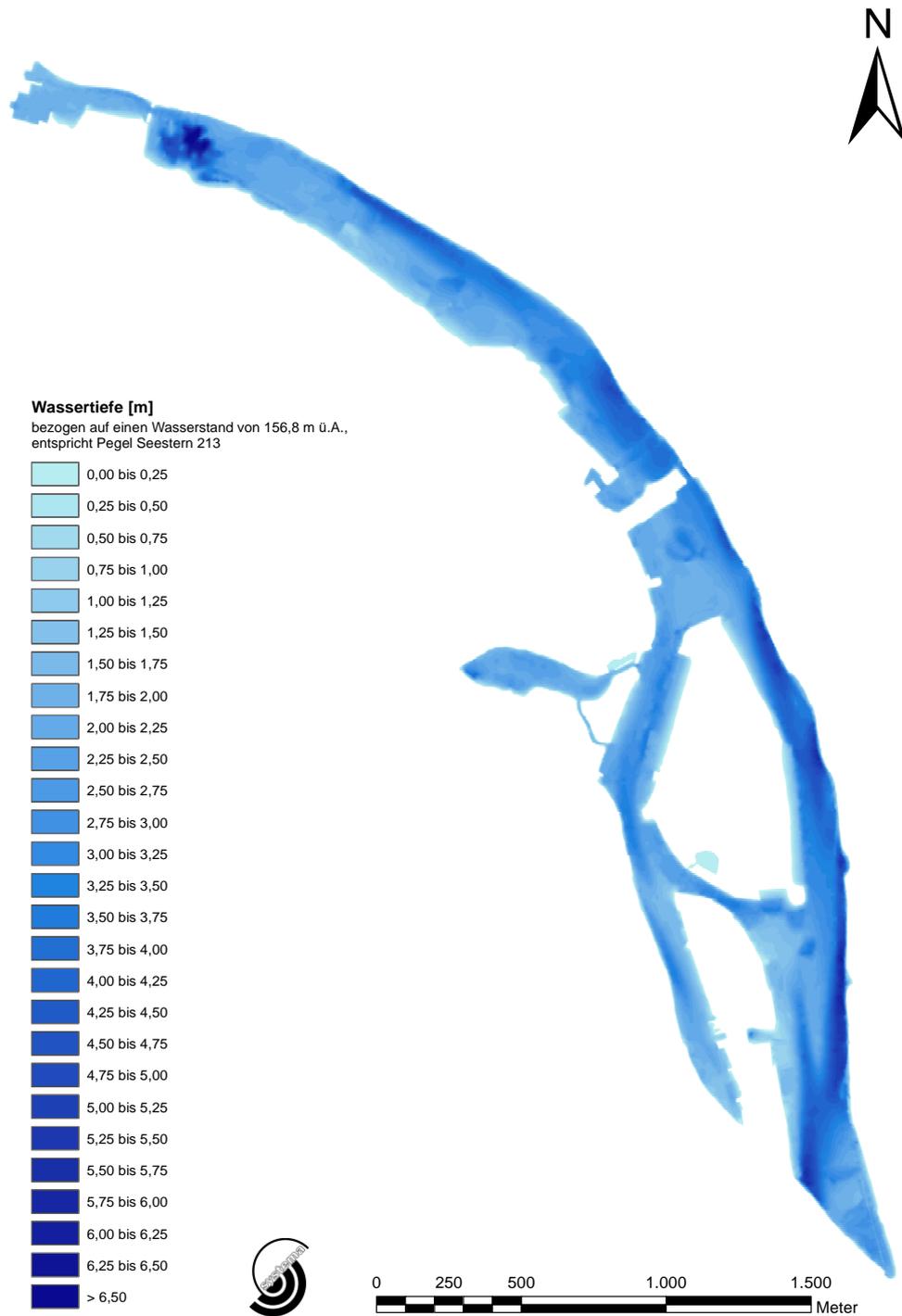


Abbildung 6 – Karte Wassertiefen Alte Donau

(Pall, 2017)

Seit 1957 gibt es Aufzeichnungen über, an diversen Stellen durchgeführte Aufschüttungen und Baggerungen, welche die Morphologie des Gewässers allerdings nur bedingt und kleinräumig verändert haben. (Löffler, 1988)

## Hydrologie

Nach der Abgrenzung der Alten Donau von der Donau gibt es keinen natürlichen Zu- und Abfluss mehr. Neben dem Niederschlag und dem Grundwasserzustrom sind die künstliche Einspeisung aus der Neuen Donau über den Wasserpark und den Seestern die einzigen Einspeisungen in die Alte Donau. (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018)

Auch die Ausleitung ist künstlich geregelt. Diese erfolgt entweder über das sogenannte Schützenhaus ins Mühlwasser und in weiterer Folge in die Lobau, oder im Kaiserwasser in den Kanal.

Änderungen des Wasserstands sind daher stark anthropogen beeinflusst. So ist hier die im Frühjahr durchgeführte Absenkung, sowie die Aufspiegelung zu Beginn der Sommermonate zu erwähnen. Diese Maßnahme hat einerseits einen Wassertausch zum Ziel, andererseits sollte durch den niedrigen Wasserstand im Frühjahr mehr Licht an den Gewässergrund gelangen und so das Makrophytenwachstum begünstigt werden (siehe dazu Kapitel Makrophyten in der Alten Donau – Einst bis heute).

Die Alte Donau zählt aufgrund ihrer durchschnittlichen Gewässertiefe von etwa 2,3 Meter zu den seichten Gewässern (Löffler, 1988). Lediglich an zwei Stellen wird eine Tiefe von über 6 Meter erreicht, wobei das sogenannte „Birner Loch“ im nördlichen Abschnitt der Oberen Alten Donau, mit einer Tiefe von etwa 6,8 Meter den tiefsten Punkt der Alten Donau bildet (Pall, 2017). In diesem Bereich kann es in den Sommermonaten zu einer Temperaturschichtung kommen, welche aufgrund ihrer lokalen Begrenzung jedoch keine Auswirkungen auf physikalisch-chemischen Bedingungen der Alten Donau mit sich bringt (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018). Ansonsten ist in der Alten Donau aufgrund der geringen Tiefe als holomiktisches Gewässer einzustufen. Das bedeutet, dass es zu keiner thermische Schichtung des Wasserkörpers kommt (Moss, 2017).

Die Wassertemperatur der Alten Donau ist, wie bei allen seichten Gewässern, stark von der Umgebungstemperatur abhängig und demnach auch deren jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018)

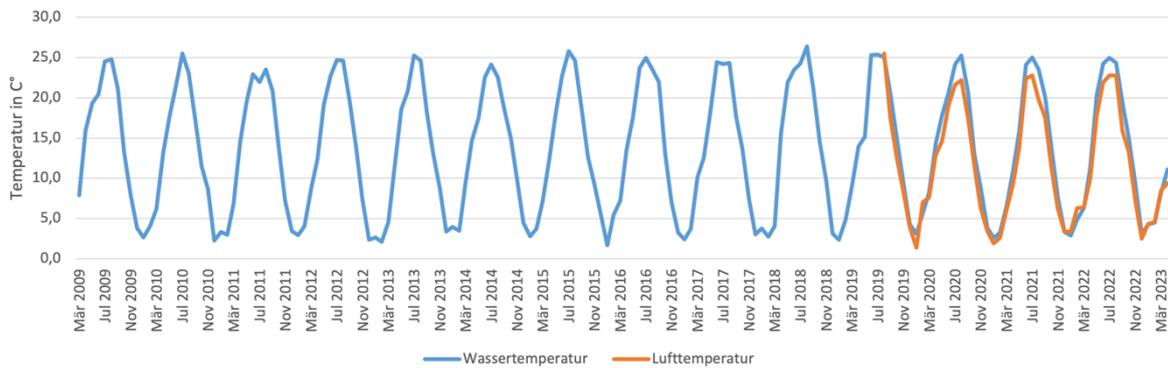


Abbildung 7 – Jahrgang Wasser- und Lufttemperatur 2009-2023

(Stadt Wien - Wiener Gewässer, 2023)

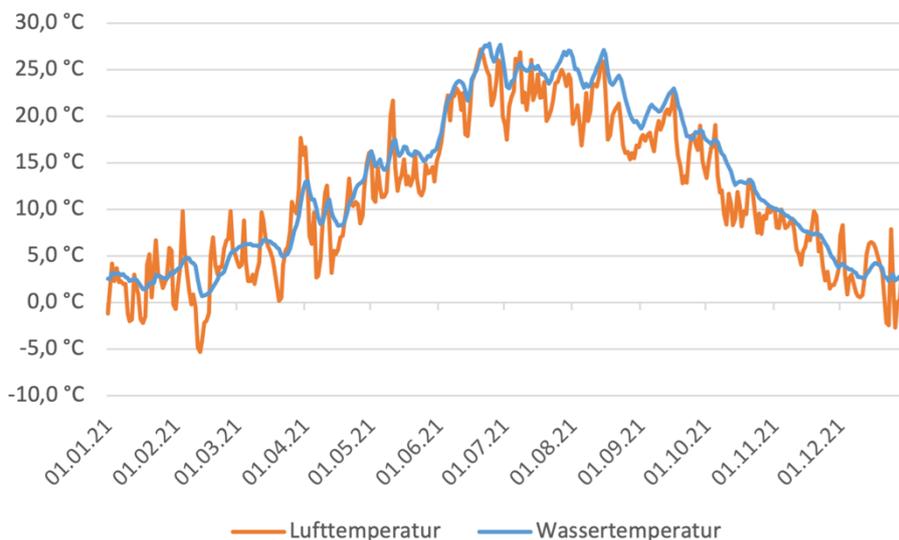


Abbildung 8 – Jahrgang Wasser- und Lufttemperatur 2021

(Stadt Wien - Wiener Gewässer, 2023)

Bei Betrachtung des Temperaturverlaufs zeigt sich ein deutlicher Jahresgang. Aber auch ein ausgeprägter Tagesgang. Dies konnte auch schon Löffler bei seiner limnologischen Projektstudie 1988 feststellen (Löffler, 1988), wobei bei der Gegenüberstellung der damaligen Daten und den aktuellen Werten eine generelle Erwärmung des Gewässers zu verzeichnen ist. (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018)

Die Kompensationsebene liegt in allen Gewässerbereichen der Alten Donau unterhalb der maximalen Gewässertiefe. Das bedeutet, der gesamte Gewässergrund ist für den Bewuchs mit Pflanzen, sowohl Makrophyten als auch Algen geeignet (Löffler, 1988).

Die tatsächliche Sichttiefe kann im Jahresverlauf jedoch stark variieren, wobei unterschiedliche Gewässerbereiche tendenziell stärker davon betroffen sind als andere. Die Sichttiefen werden regelmäßig im Zuge der Aufnahme des Makrophytenbewuchs, sowie bei den limnologischen Untersuchungen gemeinsam ermittelt und deren Veränderung in Abbildung 9 – Langzeitwerte Sichttiefe, Chlorophyll-a und Totalphosphor 2002-2021 dargestellt.

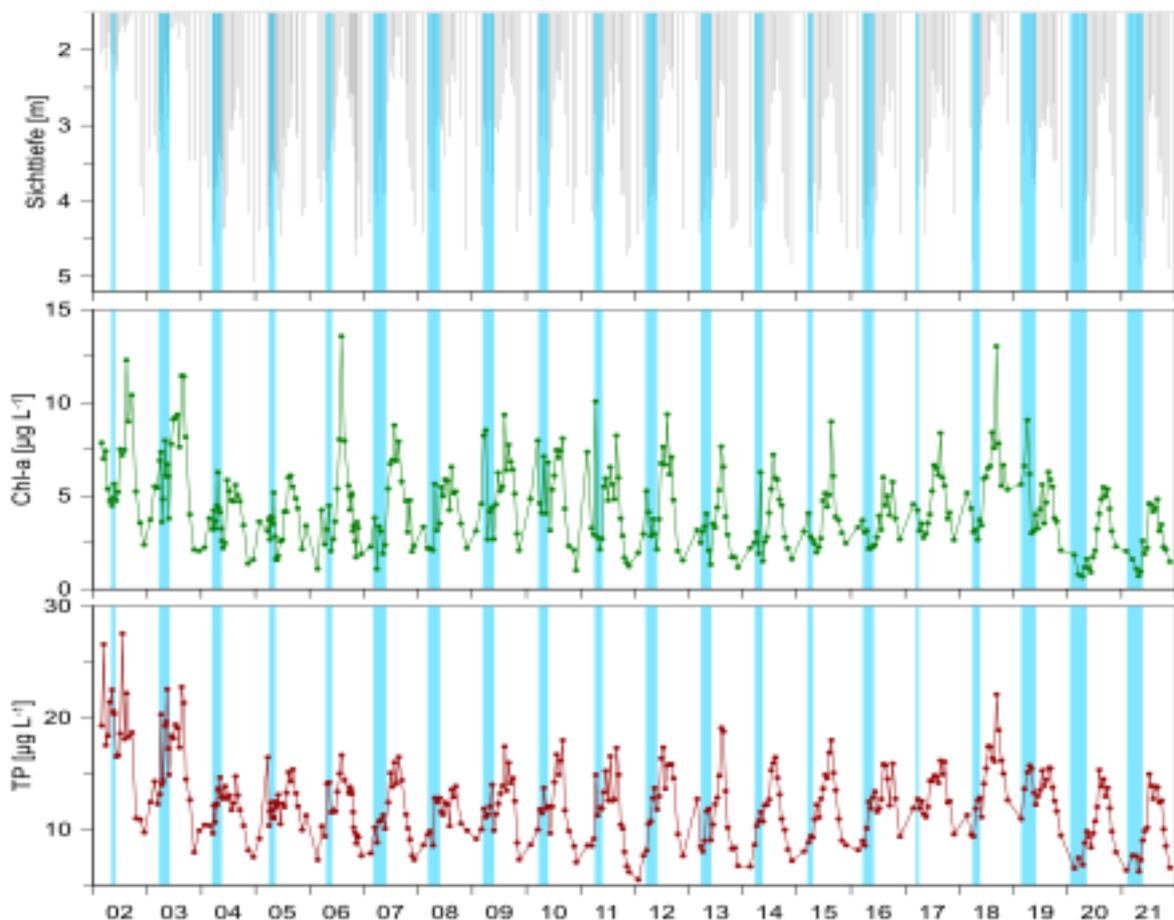


Abbildung 9 – Langzeitwerte Sichttiefe, Chlorophyll-a und Totalphosphor 2002-2021

(Donabaum, Kvarda, & Riedler, Alte Donau - Allgemeiner Gewässerzustand - Chemie, 2022)

Maßgeblichen Einfluss auf die Sichttiefen und die sich daraus ergebende Lichtqualität im Gewässer hat die Gewässertrübe, welche speziell in den Sommermonaten teils stark zunimmt. Der Grund für die Gewässereintrübung ist der Anstieg des

Totalphosphorgehalts als Auswirkung der starken Nutzung und dem damit verbundenen Nährstoffeintrag. Ein entscheidender Faktor, um der Gewässertrübe entgegenzuwirken sind das ausreichende Vorhandensein von Makrophyten, welche einen positiven Einfluss auf die Sichttiefe ausüben. (Caffrey, Barrett, Murphy, & Wade, 1996)

Einen weiteren Einfluss auf das Lichtklima hat die Bildung einer Eisdecke in Kombination mit Schneefall, was neben der Wassertemperatur über die Wintermonate eine maßgebliche Veränderung des Lichtklimas in den betroffenen Bereichen und daher auch der Wachstumsrate der Makrophyten über die Wintermonate bedeutet. Da in den vergangenen Jahren die Alte Donau jedoch nie zur Gänze über einen längeren Zeitraum mit Eis bedeckt war, sind diese Einflüsse lediglich lokal begrenzt. 2021 wurden an der Alten Donau im Jänner fünf, im Februar sieben und im Dezember drei Tage mit Eisbildung gezählt (Stadt Wien - Wiener Gewässer, 2023).

### Gewässerökologie

Urbane Gewässer, wie die Alte Donau zeichnen sich oft durch einerseits eine geringe Gewässertiefe und andererseits durch einen hohen Nährstoffeintrag nur Freizeitnutzung aus. Durch die Kombination dieser zwei Faktoren besteht in davon betroffenen Gewässern tendenziell eine größere Gefahr der Eutrophierung des Gewässers (Naselli-Flores in (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018)

Aus diesem Grund wird seit 1992 an der Alten Donau ein umfassendes und durchgängiges Monitoring hinsichtlich physikalischer-chemischer und chemischer Parameter auf Basis standardisierter Methoden durchgeführt (Donabaum et. al 2004 in (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018)). Die dabei erhobenen Parameter bieten Aufschluss über die Langzeitentwicklung des Gewässers hinsichtlich seines physikalisch-chemischen Zustandes.

Hauptaugenmerk dieser Untersuchungen liegt hier auf dem pH-Wert, die Konzentration von Chlorophyll-a und dem Phosphorgehalt. Die Langzeitwerte der Chlorophyll-a Konzentration und des Totalphosphorgehalts sind in Abbildung 9 – Langzeitwerte Sichttiefe, Chlorophyll-a und Totalphosphor 2002-2021 dargestellt.

Anhand dieser, sowie bereits genannter Untersuchungen vor 1992, lassen sich über die vergangenen Jahre grob 4 Stadien der ökologischen Bedingungen in der Alten Donau definieren (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018):

- Eutrophe Bedingungen
- Gewässersanierung der Alten Donau
- Erholung der Makrophytenbestände
- Stabiler ökologische Bedingungen und Makrophytenbestand

#### *Eutrophierung und Gewässersanierung*

Anfang der 1990er Jahre (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018) konnten in der Alten Donau die typischen Anzeichen einer Eutrophierung des Gewässers beobachtet werden:

- drastischer Rückgang der Makrophytenpopulation
- starker Anstieg bis hin zur Dominanz der Phytoplanktonkonzentration
- Vermehrung von Cyano-Bakterien (Blau-Grünalgen) *Limnothrix redekei* VAN GOOR und *Cylindrospermopsis raciborskii* (WOLOSZ) SEENAYYA ET SUBBA RAJU
- Anstieg des Jahresdurchschnitts der Chlorophyll-a Konzentration
- Rückgang der Sichttiefen (Messungen mittels Secchi-Scheibe ergeben Sichttiefen von lediglich 30 Zentimeter)
- markante Gelbfärbung des Wassers
- Verlust der Biodiversität gegenüber früheren Studien wie zum Beispiel von Löffler 1988 hinsichtlich des Vorkommens von Fischen, Benthos, etc.

Binnen zwei Jahren sind die Makrophytenbestände weitgehend verschwunden. Lediglich einzelne Restbestände wurden im Jahr 1995 verzeichnet (Dokulil & Janauer, 1995 in (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018))

Diese drastischen Veränderungen lassen sich auf diverse Gründe, zurückführen, durch deren Kombination die Alte Donau sich innerhalb einer kurzen Zeitspanne immer mehr zu einem eutrophen Gewässer entwickelte (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018):

- Starker diffuser Nährstoffeintrag (undichte Sickergruben, Unvollständiges Abwassernetz, Auswaschungen aus der ehemaligen Deponie beim heutigen Donaupark)

- Freizeitnutzung (etwa 1,2 Millionen Nutzer und Nutzerinnen während der Sommermonate, was einen geschätzten Eintrag von 114 kg Phosphor mit sich bringt.)
- und weitere, als Folgen der Kettenreaktion bedingte Phasen eines Eutrophierungsprozesses

Die Folgen waren die zuvor beschriebenen Phasen einer durch Kettenreaktionen bedingten Eutrophierung der Alten Donau.

Um die fortschreitende Eutrophierung zu stoppen und wieder eine weitestgehend gute Wasserqualität zu erreichen, wurden seitens der zuständigen Stellen diverse externe und interne Maßnahmen zur Gewässersanierung. (Donabaum & Pall, 2022)

Einerseits wurde versucht, externen Eintrag durch nährstoffreiches Grundwasser mittels Abdichtens naheliegender Sickergruben und der ehemaligen Mülldeponie auf Höhe des heutigen Donauparks zu minimieren (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018). Weitere Maßnahmen waren Tiefenbelüftungsmaßnahmen und ein Wassertausch, wobei die damit erreichten Verbesserungen nur von temporärer Dauer waren. (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018)

Neben der Reduktion des externen Nährstoffeintrags, sowie der Nährstoffe im Wasser, ist im Zuge der Gewässersanierung auch, zu verhindern, dass durch das nährstoffreiche Sediment weiter Nährstoffe im Übermaß an das Gewässer abgegeben werden (Brönmark & Hansson, 2005). Im Fall der Alten Donau wies sich letztlich das RIPLOX-Verfahren, das mittels chemischer und bakterieller Prozesse die Nährstoffabgabe aus dem Sediment unterbindet, als die geeignetste Methode heraus (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018).

Dabei wird mittels Kaliumnitrats und Eisen-Chlorid dem Sediment Sauerstoff und Eisen zugeführt. Durch die Zugabe von Kaliumhydroxid wird der pH-Wert stabilisiert, was zu einer Umwandlung des Kaliumnitrats durch die im Sediment enthaltenen Bakterien in Stickstoff und dessen Abgabe an die Atmosphäre führt. Als Ergebnis dieser Prozessschritte entsteht eine sauerstoffreiche Schicht durch die die Freisetzung von Phosphor aus dem Sediment unterbunden wird. (Brönmark & Hansson, 2005)

Im Fall der Alten Donau wurden in den Jahren 1995 und 1996 im Zuge von zwei Behandlungen Eisen-Chlorid und Kaliumnitrat eingebracht, was in den darauffolgenden Jahren einen deutlichen Rückgang der Totalphosphorkonzentration,

der enthaltenen Menge an Chlorophyll-a und Nitrat-Stickstoff enthaltenen Menge und einer Reduktion der Algenbiomasse zum Ergebnis hatte.



Abbildung 10 – Maßnahmen zur Belüftung der Alten Donau, 1994

(Stadt Wien, 1994)



Abbildung 11 – Eisen-Chlorid-Behandlung, 1995

(Stadt Wien, 1995)

### *Erholung der Makrophytenbestände und Stabilisierung der ökologischen Bedingungen*

Trotz der direkten Verbesserung des Gewässerzustandes blieb eine Zunahme der Makrophytenbiomasse unmittelbar nach den Sanierungsmaßnahmen aus. Näheres dazu in Kapitel Entwicklung und Maßnahmen.

Seit der gesetzten Maßnahmen konnten weiter eine laufende Verbesserung des ökologischen Zustands der Alten Donau beobachtet werden. Und seit den frühen 2000er Jahren hat sich der Trophiezustand der Alten Donau zu einem mesotrophen entwickeln. Nach der intensiven Mähseason im Jahr 2018 zeigten die Mäharbeiten direkten Einfluss auf den Gewässerzustand, woraufhin ab dem Jahr 2019 die Intensität und der Umfang der Maßnahmen angepasst wurde und in den Jahren 2020 und 2021 sogar ein oligotropher Trophiewert festgestellt werden konnte.

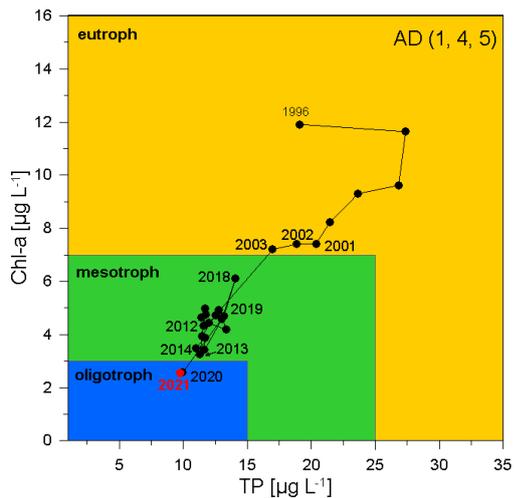


Abbildung 12 – Langzeitentwicklung Trophie

(Donabaum, Kvarda, & Riedler, 2022)

### Nutzung

War die Alte Donau früher der Hauptarm der Donau und somit primär für die Schifffahrt in Verwendung, hat sich deren Nutzung seit der Donauregulierung stark gewandelt (Zentrum für Umweltgeschichte, 2019):

Früher:

- Schifffahrt (bis zur Donauregulierung)
- Entwicklung der Badekultur und Entstehung von Freibädern
- Eisgewinnung (Namensgebung Schnitterweg)
- Fischerei

Heute (Dokulil, Donabaum, & Teubner, 2018):

- Fischerei
- Badekultur
- Sport
- Wohnraum
- Erholungsnutzung
- Bootsbetrieb

## 2.1.2 Makrophyten in der Alten Donau – Einst bis heute

### 1980er

Im Zuge der umfassenden limnologischen Projektstudie von Löffler wurden im Auftrag der Wasserstraßendirektion zwischen dem Winter 1986 und Herbst 1987 drei Probenentnahmen zur Artenerfassung submerser Makrophyten in der Alten Donau durchgeführt. Hierfür wurden Probepunkte gewählt, welche aufgrund ihrer Verteilung eine möglichst lückenlose Bestandsaufnahme der Unterwasserpflanzen ermöglicht. Ergänzend zu diesen Entnahmen konnte mithilfe von 33 Echosondierungsprofilen folgende Artenliste submerser Makrophyten erstellt werden (Löffler, 1988):

<i>Ceratophyllum</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>
<i>Chara</i>	<i>Chara aspera</i> <i>Chara contraria</i> <i>Chara fragilis</i> <i>Chara hispida</i> <i>Chara intermedia</i> <i>Chara tomentosa</i> <i>Chara vulgaris</i>
<i>Elodea</i>	<i>Elodea canadensis</i>
<i>Hippuris</i>	<i>Hippuris vulgaris</i>
<i>Iris</i>	<i>Iris pseudacorus</i>
<i>Myriophyllum</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i> <i>Myriophyllum verticillatum</i>
<i>Najas</i>	<i>Najas marina</i>
<i>Nitellopsis</i>	<i>Nitellopsis obtusa</i>
<i>Nymphaea</i>	<i>Nymphaea alba</i>
<i>Phragmites</i>	<i>Phragmites australis</i>
<i>Potamogeton</i>	<i>Potamogeton crispus</i> <i>Potamogeton pectinatus</i>
<i>Stratiotes</i>	<i>Stratiotes aloides</i>
<i>Typha</i>	<i>Typha sp.</i>
<i>Utricularia</i>	<i>Utricularia vulgaris</i>

Tabelle 1 – Artenzusammensetzung submerser Makrophyten in der Alten Donau von 1986-1987

Dabei erwies sich die Art *Nitellopsis obtusa* als die am häufigsten vertretene Art, welche insbesondere in der Oberen Alten Donau flächendeckend zu verzeichnen war. Weitere stark verbreitete Arten wie *Chara tomentosa* und *Chara hispida* bilden einen durch Characeen dominierenden zwischen 60 und 90 Zentimeter hohen Bewuchs. Dieser ist vor allem in den tiefsten Bereichen (ehemalige Schiffahrtsrinne) vorzufinden. In Richtung Uferzone und in den seichteren Bereichen nimmt deren Vorkommen ab und wird in letzteren durch höhere Arten wie *Myriophyllum spicatum* und teilweise auch *Potamogeton pectinatus* ersetzt, wobei es sich ab einer Gewässertiefe von 1 Meter selten um einen reinen *Myriophyllum spicatum*-Bewuchs handelt, sondern vielmehr um einen Stockwerksbau. Die *Myriophyllum spicatum*-Bestände reichen dabei bis zur Wasseroberfläche beziehungsweise mit ihren generativen Organen darüber hinaus (siehe Kapitel Habitus). Den Unterwuchs bilden die Characeenbestände (Löffler, 1988).

Die größte Artenvielfalt lässt sich in der Oberen Alte Donau, insbesondere im Bereich knapp südlich des Birner Steigs lokalisieren (Löffler, 1988).

Generell ist anhand dieser Untersuchung ein annähernd flächiger Bewuchs über die gesamte Alte Donau vorzufinden. Lediglich in den Bereichen Wasserpark, nördlich des Birner Steigs, im Kaiserwasser und schmale Uferstreifen entlang der öffentlichen Bäder sind von diesem durchgängigen Bewuchs ausgenommen (Löffler, 1988).

Gemäß Löffler lässt das gänzliche Fehlen submerser Makrophyten im Wasserpark und den lediglich spärlichen Bewuchs nördlich des Birner Steigs und im Kaiserwasser vermutlich auf Baggerungen und Aufschüttungen in diesen Bereichen zurückführen (Löffler, 1988). Zudem wurde der Bereich nördlich des Birner Steigs von einer Behandlung mit Kalzium-Nitrat im Zuge der Sanierungsmaßnahmen der Alten Donau ausgenommen, was zu Folge hat, dass das Sediment in diesem Bereich nach wie vor viele Nährstoffe enthält (Riedler & Donabaum, 2017). Es ist jedoch vorwegzunehmen, dass sich dieser Umstand mittlerweile speziell im Wasserpark und im Kaiserwasser deutlich verändert hat. Nach Beobachtungen und Erfahrungswerten ist nördlich des Birner Steigs nach einer leichten Verbesserung seit 2019 jedoch wieder nur ein spärlicher Bewuchs vorzufinden.

## 1990er bis 2018

In den 1990er Jahren führte die fortschreitende Eutrophierung der Alten Donau defacto zu einem Verschwinden der Makrophytenbestände, was in weiterer Folge wiederum die Eutrophierungsprozesse vorantrieb.

Auch nach den Gewässersanierungsmaßnahmen Mitte der 1990er Jahre blieben die Makrophytenbestände gemessen an deren Biomasse in Trockensubstanz auf einem weiterhin geringen Niveau. Als Grund dafür sind die nach wie vor schlechten Lichtverhältnisse insbesondere am Gewässergrund zu nennen. (Pall & Plachy, Gewässermanagement Alte Donau, Limnologische Untersuchung - Zustandsanalyse 2019, Bericht Makrophyten, 2020)

Mit dem Beginn der Wasserspiegelabsenkung im Frühjahr 2002 konnte erstmals wieder ein merkbarer Anstieg der Makrophytenbiomasse verzeichnet werden, was auf einen direkten Zusammenhang zwischen den, durch die Absenkung verbesserten Lichtverhältnissen und der Entwicklung der Makrophyten schließen lässt. Dieser Trend setzte sich zwischen 2003 und 2005 mit einer signifikanten Zunahme der erhobenen Trockensubstanz fort (siehe Abbildung 13 – Langzeitentwicklung der Makrophytenbiomasse in der Alten Donau), woraufhin ab 2017 mit Mäharbeiten begonnen wurde, welche seit 2018 intensiviert wurden und seitdem direkt von der Stadt Wien durchgeführt werden.

Besonders hervorzuheben ist, dass es mit Erholung der Makrophytenbestände zu einem massiven Anstieg der Art *Myriophyllum spicatum* kam, welche seitdem als dominierende Art in der Alten Donau vorherrscht.

## Seit 2018

2018: Beginn der umfassenden Mäharbeiten durch die Stadt Wien (siehe Kapitel Makrophytenmanagement an der Alten Donau).

Das jährlich durchgeführte Monitoring der Alte Donau umfasst neben der bereits in Kapitel Gewässerökologie angeführten Untersuchungen hinsichtlich diverser limnologischer Parameter und der einmal jährlich durchgeführten Erhebung der Biomasse und der Artenzusammensetzung inklusive der Erhebung der Artendominanz seit 2018 auch, abhängig von der Wachstumsperiode in regelmäßigen

Abständen Echolotaufnahmen zur Messung der Wachstumsrate und der Bewuchsdichte. Näheres dazu in Kapitel Monitoring.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen zu Beginn der Mäharbeiten im Jahr 2018 einen markanten Rückgang der Makrophytenbiomasse und seitdem eine fallende Entwicklung, welche erst mit 2021 wieder auf die Menge des Jahres 2018 ansteigt (siehe Abbildung 13 – Langzeitentwicklung der Makrophytenbiomasse in der Alten Donau). Dieser Rückgang ergibt sich aus den deutlich gestiegenen Mengen an entnommenem Mähgut und ist seitens der Stadt Wien als erreichtes Ziel der Mäharbeiten angegeben. Näheres dazu in Kapitel Makrophytenmanagement an der Alten Donau.

Die heute in der Alten Donau zu verzeichnenden guten Wachstumsbedingungen sind vor allem den klaren Sichtverhältnissen und guten Lichtbedingungen zuzuschreiben.

Eine weitere Ursache für die derzeit guten Wachstumsbedingungen der Makrophyten sind die gestiegenen Wassertemperaturen der Alten Donau in den vergangenen Jahren (siehe Kapitel Hydrologie), welche so bessere Wachstumsbedingungen für manche Arten bieten.

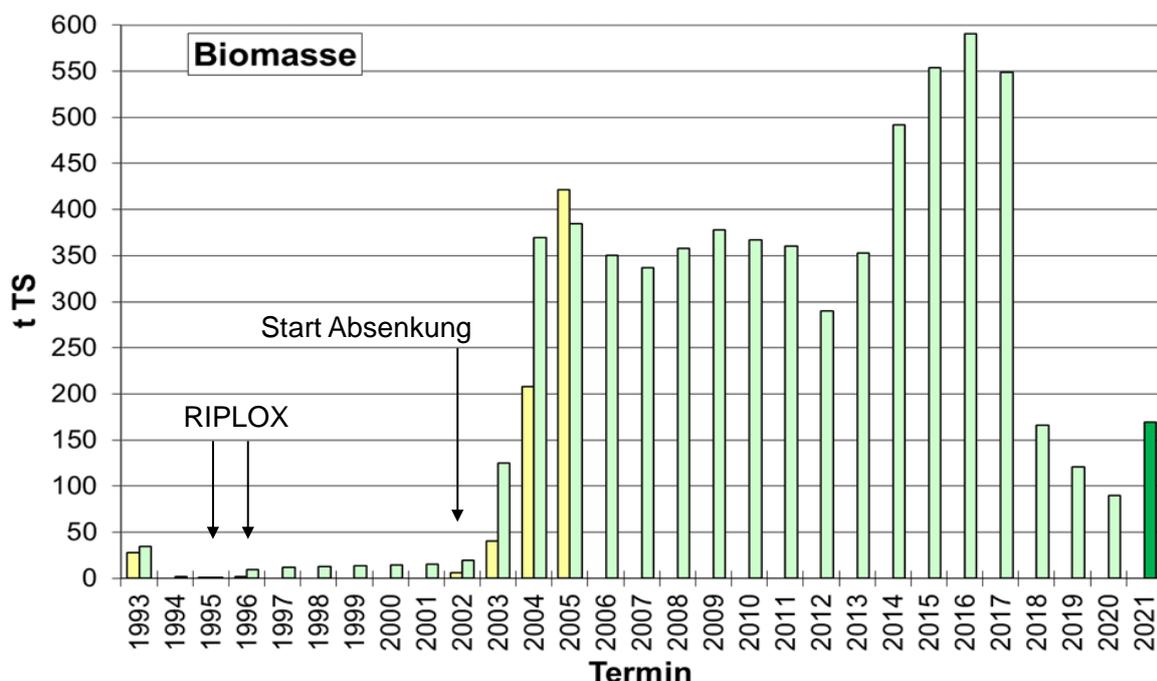


Abbildung 13 – Langzeitentwicklung der Makrophytenbiomasse in der Alten Donau

(Pall, Plachy, Reisenbichler, Habersetzer, & Pall, 2022)

### 2.1.3 Makrophytenmanagement an der Alten Donau

Durch die Verantwortlichkeit der Verfasserin für die Entwicklung und Umsetzung des Makrophytenmanagements innerhalb der Stadt Wien, wird im anschließenden Abschnitt vermehrt auf Erfahrungswerte und unveröffentlichte Berichte zurückgegriffen.

#### Entwicklung und Maßnahmen

Mit der Zunahme des Makrophytenwachstums und dem steigenden Nutzungsdruck an der Alten Donau wurde mit entsprechenden Maßnahmen auf die immer lauter werdende Nachfrage der unterschiedlichen Nutzungsgruppen reagiert. Die Stadt Wien – Wiener Gewässer hat sich als zuständige Behörde daher das Ziel gesetzt, die Makrophytenbiomasse so weit zu reduzieren, dass eine ungestörte Erholungsnutzung des Gewässers möglich ist, ohne jedoch den stabilen Bestand an Makrophyten und die gute Wasserqualität der Alten Donau zu gefährden.

Neben der offensichtlichsten Maßnahme in Form von Mäharbeiten, wurde auch ein begleitendes Monitoring etabliert und Pflanzungen ausgewählter niedrigwüchsiger Makrophyten angelegt.

#### Mäharbeiten

Bei der Einteilung der Mäharbeiten in der Alten Donau werden in der Regel drei Bereiche berücksichtigt. Jene Bereiche, welche als öffentliche und freie Wasserflächen der täglichen (Freizeit-) Nutzung unterliegen. Flächen, welche Teil der an der Alten Donau lokalisierten privaten und öffentlichen Bäder sind und durch Absperrungen von der freien Wasserfläche abgetrennt sind und Bereiche, in denen auf eine Mahd von Makrophyten abgesehen wird und somit als mährefreie Bereiche zu bezeichnen sind.

Die freie Wasserfläche, sowie die Bäder werden nach je Bedarf über die gesamte Saison mehrmals gemäht. Die mährefreie Bereiche werden als sogenannte Schonzone lediglich am Ende der Saison einem oberflächlichen Pflegeschnitt unterzogen. Deren Verteilung erstreckt sich in unterschiedlichen Dimensionierungen über die gesamte Wasserfläche der Alten Donau inklusive des Kaiserwassers. Durch sie sollen einerseits ausreichend Rückzugsmöglichkeiten für diverse ansässige

Tierarten geschaffen werden. Andererseits dienen diese Schonzonen der Sicherstellung der Erhaltung des Makrophytenbestandes, sodass auch bei intensiven Mäharbeiten in der Alten Donau eine nachhaltig stabiler Mindestbestand an Makrophyten bestehen bleibt. (Groiß, Konzept Makrophytenmanagement 2021, 2020) Eine Übersicht über die mährefreien Bereiche liefern Abbildung 14 – Übersicht Entnahmestellen Obere Alte Donau, sowie Abbildung 15 – Übersicht Entnahmestellen Untere Alte Donau. Die Schonzonen sind hier als rote Flächen dargestellt.

Die Mähseason 2021 verlief von März bis Oktober. Dabei wurden 1.885 Tonnen an Mähgut entnommen und eine Fläche von 428 Hektar bearbeitet. Die Menge an entnommenem Pflanzenmaterial hielt sich dabei unter den Werten der vorangegangenen Jahre (Groiß, 2021). Dies zeigt sich auch in den Aufnahmeergebnissen der Makrophytenbiomasse (siehe Abbildung 13 – Langzeitentwicklung der Makrophytenbiomasse in der Alten Donau).

### Monitoring

Um einen laufenden Aufschluss zur Entwicklung der Alten Donau zu erhalten, wird die Gewässerqualität weiterhin regelmäßig mittels limnologischer Untersuchungen hinsichtlich folgender ökologischer Parameter erhoben:

- pH-Wert
- Sichttiefe
- Totalphosphor
- Chlorophyll-a

Neben diesen Auswertungen wird seit Beginn der, durch die Stadt Wien durchgeführten Mäharbeiten in der Alten Donau auch die Entwicklung des Makrophytenwachstums weiterhin regelmäßig untersucht. Um nicht nur einmal jährlich die vorhandene Biomasse und die vorkommenden Arten zu erheben, sondern auch aktuelle Grundlagen zur Durchführung eines effizienten Makrophytenmanagements zu schaffen, wurden die Erhebungen um die Faktoren Pflanzendichte und Abstand der Pflanzen zur Wasseroberfläche erweitert. Diese Daten werden mittels eines Echolots in regelmäßigen Abständen, seit 2018 während des Saisonverlaufs wöchentlich und über die Wintermonate monatlich erhoben.

Ein weiterer Teil dieses Monitorings ist die Entwicklung einer speziellen Software, mit deren Hilfe die bedarfsgerechte Planung der Mäharbeiten und eine GPS-gestützte Koordinierung der Mähboote ermöglicht wird.

### Pflanzungen

Zur Steigerung der Artenvielfalt wurden in der südlichen Alten Donau bereichsweise kleinräumige Probepflanzungen mit ausgewählten, in der Alten Donau vorkommenden Arten von Characeen durchgeführt. (Pall & Plachy, 2020)

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse wurde im Jahr 2017 mit dem Versuch großflächig Characeenpflanzungen durchzuführen begonnen. Die dafür ausgewiesene Fläche von ca. 2,8 Hektar befindet sich im Rechten Arm der Unteren Alten Donau (Pall, Plachy, & Pall, 2017). Ein weiterer Aspekt der Pflanzungen ist, beim Erreichen einer ausreichenden Dominanz der gepflanzten Arten, die Reduktion des erforderlichen Mähaufwands in diesem Bereich.

Bei erfolgreicher Etablierung eines Characeenbestandes soll außerdem für künftige Pflanzungen eine geeignete Entnahmefläche von Pflanzen geschaffen und eine natürliche Ausbreitung der Characeen begünstigt werden.

### *Erstpflanzungen*

Für die in den Jahren 2017 bis 2019 durchgeführten Pflanzungen wurden vor allem aus Fremdgewässern entnommene Jungpflanzen herangezogen. Hierbei wurde besonderes Augenmerk auf die Artenauswahl gelegt und ausschließlich Arten, welche bereits in der Alten Donau gute Wachstumserfolge verzeichnen konnten, verwendet. Die Auswahl fiel dabei auf 7 verschiedene Arten (Pall, Plachy, & Pall, 2017):

<i>Chara</i>	<i>Chara aspera</i> <i>Chara contraria</i> <i>Chara globularis</i> <i>Chara hispida</i> <i>Chara polyacantha</i> <i>Chara tomentosa</i>
<i>Nitellopsis</i>	<i>Nitellopsis obtusa</i>

Tabelle 2 – gepflanzte Arten

Bereits im zweiten Jahr nach dem Anlegen der Fläche konnte eine deutliche Verschiebung der Dominanzverhältnisse beobachtet werden. 2019 konnten sich der Characeen-Bestand auf zirka zwei Drittel des vorhandenen Pflanzenbestands ausbreiten (Pall & Plachy, 2020).

### *Erweiterung*

Aufgrund des guten Erfolgs wurde die bestehende Fläche ab dem Jahr 2021 erweitert. Für die Fortführung der Pflanzungen und Ausweitung der Fläche auf zirka acht Hektar, konnten vermehrt Pflanzen aus der ursprünglich angelegten Testfläche verwendet werden (Pall & Plachy, 2022). 2022 folgte die Verdichtung der Characeenbestände. Für 2023 sind lediglich nur noch Nachpflanzungen vorgesehen, um so gegebenenfalls Ausfälle zu kompensieren.

## 2.2 Entnahmestellen

Bei der Auswahl der Entnahmestellen, wurde auf eine möglichst flächige Verteilung über die gesamte Gewässerfläche geachtet, wobei ebenfalls die große Varianz in Tiefe, Sediment, Nutzung und Mähintensität berücksichtigt wurde. Die Verteilung beläuft sich dabei auf drei Entnahmestellen in der Oberen und drei Entnahmestellen in der Unteren Alten Donau. Auf die spezifischen Charakteristika der jeweiligen Entnahmestelle wird im Folgenden eingegangen. Von einer Entnahmestelle im Bereich der Anzuchtfläche der Characeen im Rechten Arm der Unteren Alten Donau wurde bewusst abgesehen.

Jede Entnahmestelle liegt an einer ausgewiesenen mährefreien Fläche, sodass ein entsprechender Vergleich zwischen gemähtem und nicht gemähtem Bereich aufgestellt und gegebenenfalls ein direkter Einfluss von Mäharbeiten erhoben werden kann. Diese Bereiche sind in den anschließenden Karten als rote Flächen dargestellt.

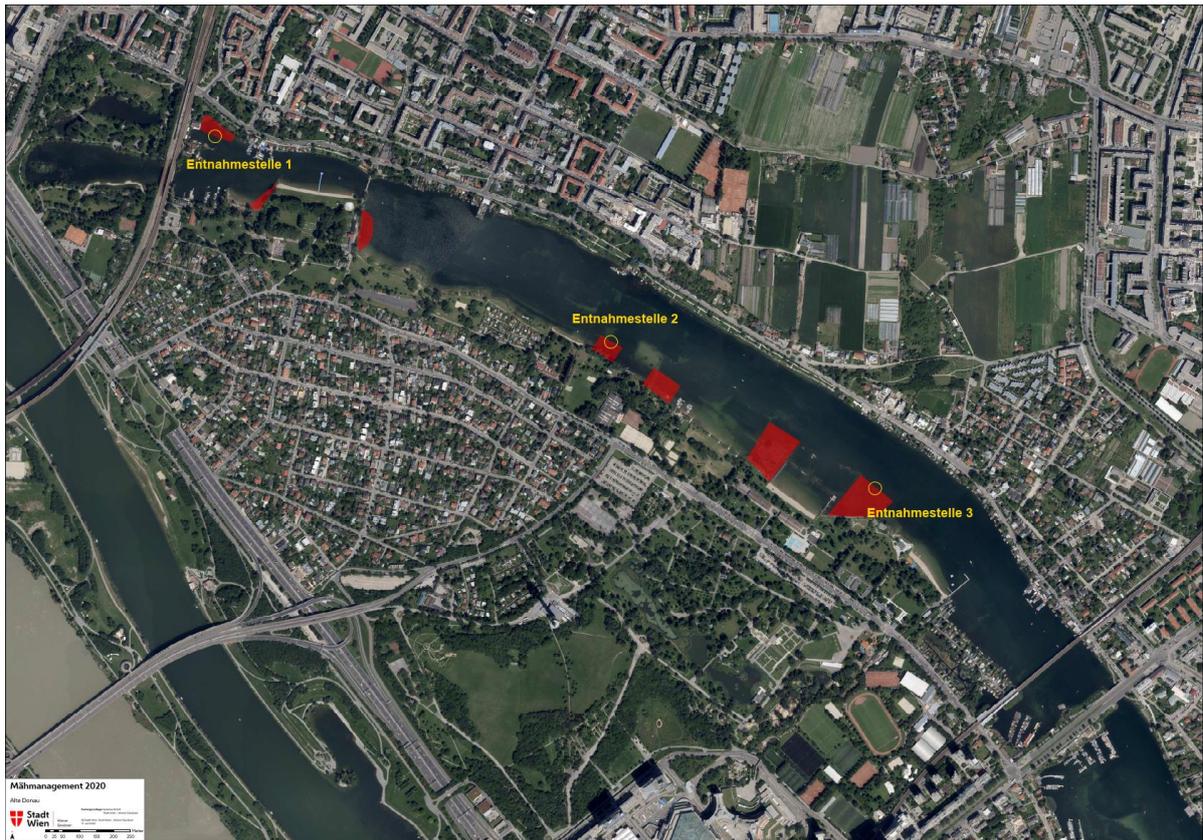


Abbildung 14 – Übersicht Entnahmestellen Obere Alte Donau

(Stadt Wien - Wiener Gewässer, 2021)

Entnahmestelle 1 – Obere Alte Donau, oberhalb Birner Steig

Entnahmestelle 2 – Obere Alte Donau, Eisenbahnerbad

Entnahmestelle 3 – Obere Alte Donau, Strandbad Alte Donau

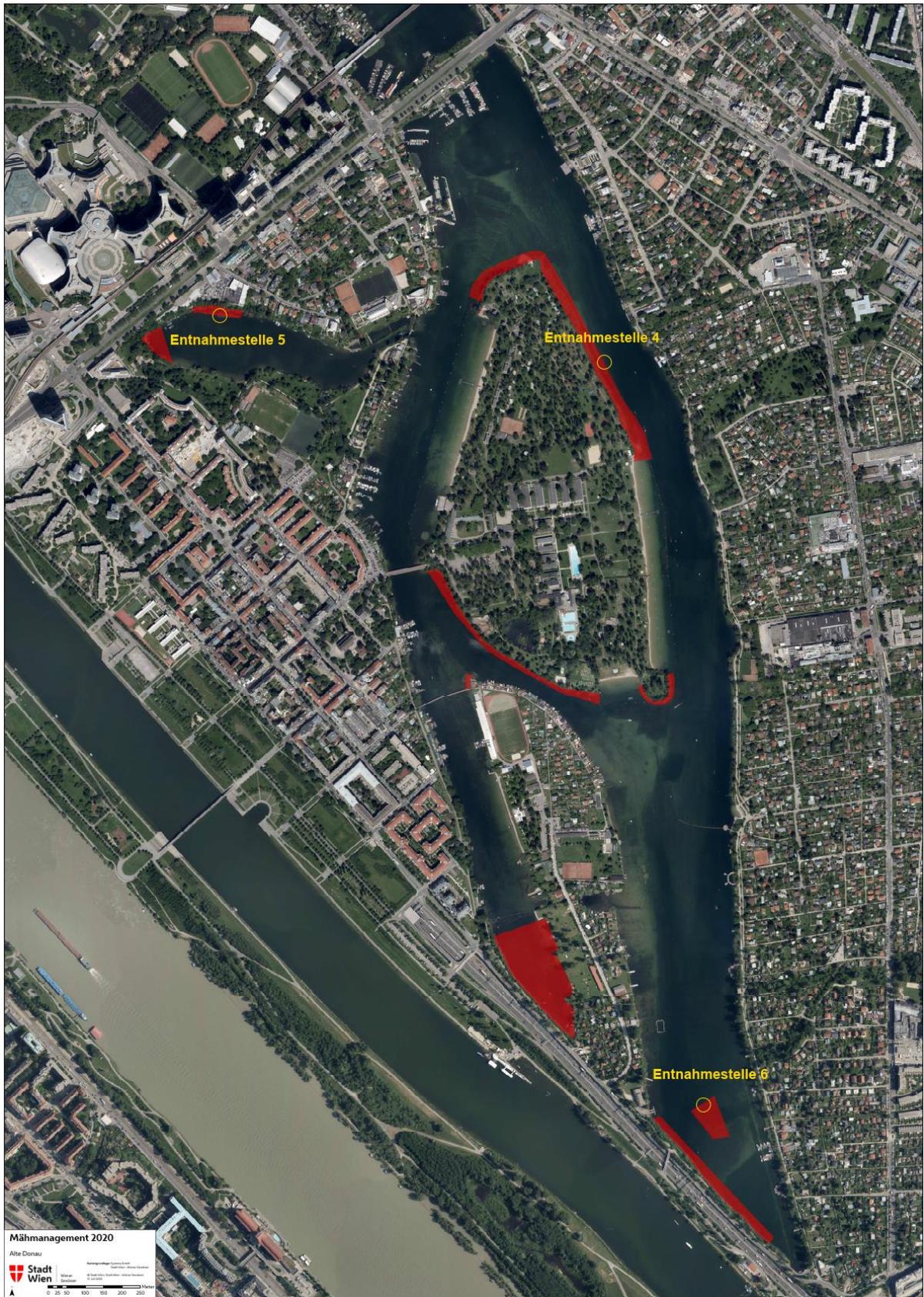


Abbildung 15 – Übersicht Entnahmestellen Untere Alte Donau

(Stadt Wien - Wiener Gewässer, 2021)

Entnahmestelle 4 – Untere Alte Donau, Ostufer Gänsehäufel

Entnahmestelle 5 – Untere Alte Donau, Kaiserwasser

Entnahmestelle 6 – Untere Alte Donau, Seestern

#### Charakteristik der Entnahmestellen:

*Entnahmestelle 1 – Obere Alte Donau, oberhalb des Birner Steigs:*

Die nördlichste Entnahmestelle befindet sich oberhalb des Birner Steigs in einem seichten Gewässerabschnitt die sich besonders durch einen schlammigen Untergrund und einer Sedimentmächtigkeit von zirka 60 Zentimeter auszeichnet (Pall, 2022).

Die Besonderheit des Bereichs oberhalb des Birner Steigs liegt in der Tatsache, dass dieser Abschnitt der Alten Donau im Zuge der Gewässersanierung nicht mitbehandelt wurde (siehe Kapitel Eutrophierung und Gewässersanierung).

*Entnahmestelle 2 – Obere Alte Donau, Eisenbahnerbad:*

Diese Stelle zeichnet sich durch ihre geringe Tiefe und den mehr oder weniger kiesigen Untergrund aus. Erfahrungswerte zeigen, dass dieser Bereich eher spärlicher bewachsen ist.

*Entnahmestelle 3 – Obere Alte Donau, Strandbad Alte Donau:*

Entnahmestelle 3 liegt an einer mährefreien Fläche direkt zwischen dem Strandbad Alte Donau und dem Bundesbad Alte Donau. Ähnlich wie bei Entnahmestelle 2 beim Eisenbahner Bad liegt sie im seichten Abschnitt des Gewässerquerschnitts, dessen Tiefe erst in Richtung des gegenüberliegenden Ufers zunimmt.

*Entnahmestelle 4 – Untere Alte Donau, Ostufer Gänsehäufel:*

Angrenzend zur „Tiefenrinne“ (ehemalige Schifffahrtsrinne) ist diese Entnahmestelle der tiefste der ausgewählten Punkte. Das Sediment ist schlammig.

*Entnahmestelle 5 – Untere Alte Donau, Kaiserwasser:*

Die Besonderheit des Kaiserwassers liegt darin, dass dieser Gewässerabschnitt nur durch eine schmale Durchfahrt mit der restlichen Alten Donau verbunden ist. Erfahrungswerte der vergangenen Jahre zeigen auch, dass insbesondere nach Mäharbeiten und über die Sommermonate das Kaiserwasser vermehrt von einer

Eintrübung des Gewässers betroffen ist. Mäharbeiten werden hier daher nur bei Bedarf durchgeführt.

#### *Entnahmestelle 6 – Untere Alte Donau, Seestern:*

Als südlichste Entnahmestelle liegt dieser Bereich zentral im Hauptarm der Unteren Alten Donau gelegen. Die Tiefe liegt im Durchschnitt der Alten Donau und der Untergrund ist schlammig.

## 2.3 Methodik

### 2.3.1 Probenentnahmen

Um eine suffiziente Aussage über die Entwicklung des Makrophytenbewuchses in der Alten Donau im Verlauf einer (Mäh-)Saison treffen zu können ist die Aufnahme ebendieser erforderlich. Hierfür wurden sechs Entnahmestellen in der Alten Donau ausgewählt (vgl. Kapitel Entnahmestellen).

Ergänzend zu der jährlich durchgeführten Erhebung der Makrophytenbiomasse und der vorkommenden Arten (vgl. Kapitel Makrophyten in der Alten Donau – Einst bis heute) wurde im Zuge dieser Arbeit über eine Vegetationsperiode an insgesamt sechs repräsentativen Stellen in der Alten Donau monatsweise je eine Aufnahme vorgenommen.

Dafür wurden mittels Betauchung an den Entnahmestellen über eine Fläche von 1x1 Meter Proben entnommen. Die Größe des Aufnahmerasters wurde so gewählt, dass einerseits eine ausreichende Anzahl an Individuen entnommen werden kann und andererseits das Handling des Aufnahmerahmens während der Tauchgänge die Probenentnahmen nicht beeinträchtigt.

Die Pflanzen wurden dabei händisch zur Gänze entnommen und in separaten, und der jeweiligen Entnahmestelle entsprechenden markierten Kübeln am Boot gesammelt und zum Ufer gebracht.

Die gewonnene Probe wurde im Anschluss hinsichtlich der der gefundenen Arten, der Anzahl der Individuen, des Nass- bzw. Trockengewichts des Pflanzenmaterials, sowie der Vitalität der Pflanzen analysiert.

Die im Zuge der Aufnahmen verwendeten Hilfsmittel sind:

- 1x1-Meter AufnahmeSerahmen
- Kübel inkl. Beschriftung
- Tauchausrüstung
- Waage
- Aufnahmebogen
- Bestimmungsschlüssel
- Pflanzenpresse



Abbildung 16 – verwendetes Kartierungsmaterial

### Aufbau

Die Probenentnahme des Makrophytenbewuchses an den einzelnen Entnahmestellen erfolgt jeweils innerhalb der gemähten und nicht gemähten Fläche, wobei die Entnahmestellen sich nicht am direkten Übergang zwischen gemähter und nicht gemähter Fläche, sondern in dessen unmittelbarer Nähe befinden. So kann auch bei einer Verschiebung der Grenze durch Mäharbeiten im Laufe der Saison zwischen gemähter und nicht gemähter Fläche eine Durchgängigkeit der festgelegten Transsekte sichergestellt werden, ohne der Gefahr, die Vergleichbarkeit der Transsekte nicht mehr gewährleisten zu können.

Die Entnahme erfolgt innerhalb eines Transsekts zu einem Ausmaß von 1x1 Meter, welches mittels Aluminiumrahmen begrenzt wird. So kann immer dieselbe

Flächengröße und der daraus resultierenden Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Annahmestellen sichergestellt werden. Um eine Verfälschung der Ergebnisse zu vermeiden, wurde darauf geachtet, die Proben nie direkt an derselben Stelle der vorangegangenen Probe zu entnehmen, sondern diese lokal leicht versetzt zu positionieren.

Daraus ergibt sich je Aufnahme eine Anzahl von 12 entnommenen Proben, welche anschließend ausgewertet werden.

Dadurch soll neben dem direkten Vergleich zwischen Mähbereich und mähfreier Fläche erhoben werden, ob es im Verlauf der Saison zu einer Varianz in der Artenverteilung und der Anzahl der Individuen kommt.

### Zeitplan

Um die Entwicklung der Vegetation im saisonalen Verlauf zu erheben, wurde während der Monate Mai bis Oktober 2021 monatlich jeweils eine Probenentnahme anhand des folgenden Zeitplans durchgeführt:

- 1 Probenentnahme: 31.05.2021
- 2 Probenentnahme: 30.06.2021
- 3 Probenentnahme: 23.07.2021
- 4 Probenentnahme: 01.09.2021
- 5 Probenentnahme: 20.10.2021

## 2.3.2 Kartierungsmethoden

### Arten

Die Bestimmung der Pflanzen wurde unmittelbar nach der Entnahme der Pflanzen im frischen Zustand unter zu Hilfenahme der Nachlagewerke „Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland – Band 1: Bestimmungsschlüssel“ und „Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland – Band 2: Abbildungen“ durchgeführt.

Aussagekräftige Exemplare wurden mittels Pflanzenpresse zur Konservierung aufbewahrt.

### Individuenzahl

Aufgrund der kleinräumigen Untersuchungsbereiche wird von der üblicherweise gängigen Kartierungsmethode nach Kohler (Schratt-Ehrendorfer, 1999) abgesehen und die Pflanzenmenge nach deren Individuenzahlen erfasst und ausgewertet.

Die Angaben beziehen sich auf die absolute Stückzahl der entnommenen Individuen. Pflanzen, welche aus einem Wurzelballen mehrere Triebe gebildet haben, wurden als eine Pflanze gezählt.

### Nass- und Trockengewicht

Für die Messung des Nassgewichts wurden die Pflanzen unmittelbar nach deren Zählung gewogen und anschließend getrocknet.

Das Trocknen der Pflanzen erfolgte in den einzelnen Kübeln an der frischen Luft an einem, vor Niederschlag geschützten Ort über die Dauer von zirka 3 Wochen. So wurde sichergestellt, dass bei der Ermittlung des Trockengewichts keine Restnässe mehr enthalten ist.

Bei den Gewichtsangaben der Proben handelt es sich um das reine Nettogewicht des Pflanzenmaterials in Gramm und ohne Kübel.

### Vitalitätsbewertung

Die zur Bewertung der Vitalität herangezogenen Parameter belaufen sich auf:

- die Färbung der Pflanzen inklusive Blätter und Triebe, wobei eine satte Färbung auf eine bessere Vitalität hinweist als eine fahle Färbung
- den Grad der Veralgung
- die Anzahl der Triebe und Verästelungen
- ob Anzeichen von Fäulnis erkennbar sind
- ob neue Triebe vorhanden sind
- ob Blütenstände vorhanden sind

Anhand dieser Faktoren wurde ein Bewertungsschlüssel erstellt welcher in Kapitel Vitalitätseinstufung angeführt ist.

### 2.3.3 Auswertung der Ergebnisse:

Nach der Probenentnahme wurden die Kübel mit dem Pflanzenmaterial gesichtet und die einzelnen Werte aufgenommen. Hierfür wurde eigens ein Aufnahmeprotokoll erstellt, in welches die jeweiligen erhobenen Daten, sowie Ort, Datum und sonstige Anmerkungen erfasst werden können. Das Aufnahmeprotokoll, sowie die befüllten Erhebungsbögen befinden sich im Anhang (siehe Anhang A: Aufnahmeprotokoll und Anhang B: Aufnahmeergebnisse).

Die Dokumentation wurde zusätzlich mit Fotos ergänzt.

Folgende Arbeitsschritte beinhalteten die Erhebungen und anschließende Auswertung in Zusammenhang dieser Arbeit:

- Aufnahme der Proben und Eintragen in das Aufnahmeprotokoll
- Bestimmung der Pflanzen
- Erhebung des Nassgewichts (netto ohne Kübel) unmittelbar nach der Bestimmung
- Auswahl einzelner Pflanzen zur Konservierung
- Trocknen der Pflanzen und Ermittlung des Trockengewichts
- Übertragung in Microsoft-Excel-Tabellen
- Erstellen eines Bewertungsschlüssels
- Auswertung und Analyse der Ergebnisse mit Verknüpfung der zuvor erarbeiteten Theorie
- Beantwortung der Fragestellungen

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Aufnahmeergebnisse und Analyse

Im anschließenden Abschnitt werden die gewonnenen Daten der Probenentnahmen anhand der vorgefundenen Arten der jeweiligen Entnahmedaten und –stellen ausgewertet. Ebenfalls Teil dieses Kapitels ist eine Auswertung der Einstufung der Vitalität der entnommenen Pflanzen, sowie des Nass- und Trockengewichts des Pflanzenmaterials.

Die Auswertung und kritische Betrachtung der Ergebnisse folgen in Kapitel Diskussion der Ergebnisse.

#### 3.1.1 Vorgefundene Arten und Individuenzahl

Die im Zuge der Probenentnahmen vorgefundenen Arten submerser Makrophyten wurden unter zu Hilfenahme der Nachlagewerke „Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland – Band 1: Bestimmungsschlüssel“ und „Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland – Band 2: Abbildungen“ bestimmt und belaufen sich auf folgende:

<i>Ceratophyllum</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>
<i>Chara</i>	<i>Chara cf. connivens</i>
<i>Elodea</i>	<i>Elodea nuttallii</i>
<i>Myriophyllum</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i>
<i>Najas</i>	<i>Najas marina</i>
<i>Nitellopsis</i>	<i>Nitellopsis obtusa</i>

Tabelle 3 – vorgefundene Arten

Die, bei den Probenentnahmen vorgefundenen Arten, lassen sich in folgende Hauptgruppen nach (van de Weyer, Schmidt, Kreimeier, & Wassong, 2018) einteilen:

### Ceratophylliden

Ceratophylliden sind Pleustophyten mit großen, zerteilten Unterwasserblättern. (van de Weyer, Schmidt, Kreimeier, & Wassong, 2018)

Bei der unter dieser Hauptgruppe fallende Art, welche bei der Probenentnahme erhoben wurde, handelt es sich um *Ceratophyllum demersum*.

### Chariden

Bei Chariden handelt es sich um untergetauchte Makrophyten mit wirteligen Ästen. Sie sind über Rhizome im Sediment verbunden. (van de Weyer, Schmidt, Kreimeier, & Wassong, 2018)

Die Arten, welche im Zuge der Aufnahmen für diese Arbeit aufgenommen wurden und unter diese Hauptgruppe fallen sind *Chara cf. connivens* und *Nitellopsis obtusa*.

### Elodeiden

Elodeiden sind kleinblättrige untergetauchte Makrophyten mit wirtelig beblätterten Sprossen und unzerteilten Blättern. (van de Weyer, Schmidt, Kreimeier, & Wassong, 2018)

Zu dieser Hauptgruppe gehört die Art *Elodea nuttallii*, welche in mehreren der entnommenen Proben enthalten war.

### Myriophylliden

Bei Myriophylliden handelt es sich um untergetauchte Makrophyten die im Sediment verwurzelt sind. Die Blätter sind zerteilt und sitzen auf den Sprossen. (van de Weyer, Schmidt, Kreimeier, & Wassong, 2018). Unter diese Hauptgruppe fällt die Art *Myriophyllum spicatum*, welche einen besonders hohen Bestand in der Alten Donau aufweist.

### Parvopotamiden

Parvopotamide charakterisieren sich durch untergetauchte Makrophyten mit unzerteilten Blättern und umfassen unter anderem die Art *Najas marina*. (van de Weyer, Schmidt, Kreimeier, & Wassong, 2018)

Die folgende Aufschlüsselung nach den Entnahmestellen zeigt die Veränderung der Artenzusammensetzung über den Verlauf der Saison, ebenso wie die Entwicklung der Anzahl der Individuen.

### Entnahmestelle 1

Aufgrund einer Veranstaltung war die Zugänglichkeit zu beiden Entnahmepunkten bei der letzten (fünften) Probenentnahme am 20.10.2021 nicht gegeben. Es wurden daher keine Daten erhoben.

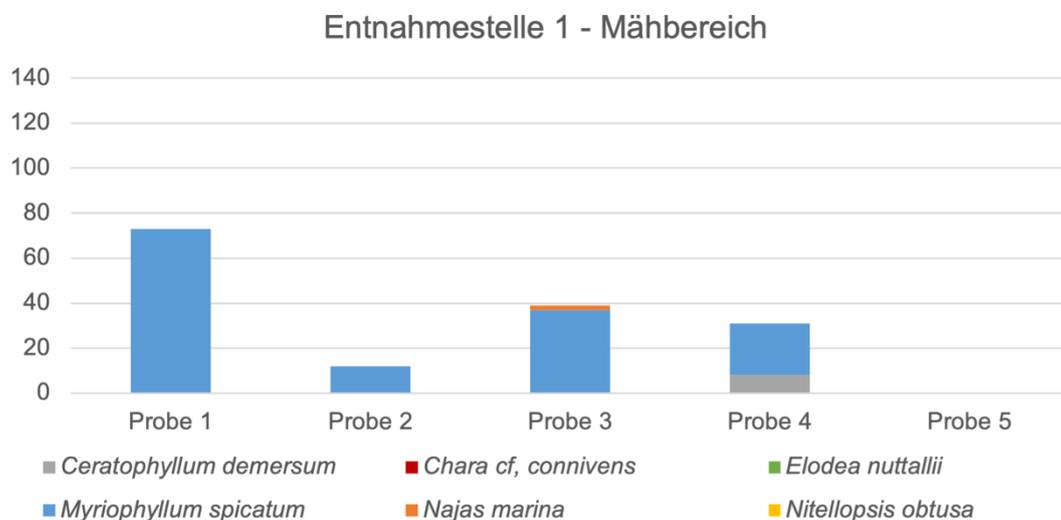


Abbildung 17 – Artenverteilung Entnahmestelle 1 - Mähbereich

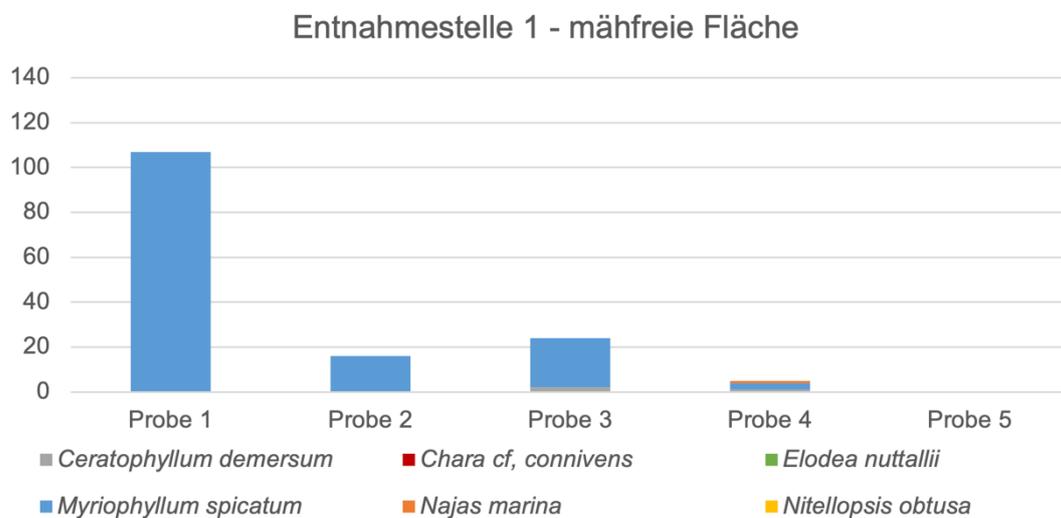


Abbildung 18 – Artenverteilung Entnahmestelle 1 – mähfreie Fläche

Weder im Mähbereich, noch in der mähfreien Fläche wurden über den gesamten Untersuchungszeitraum kontinuierlich andere Arten außer *Myriophyllum spicatum* gefunden. Bei den identifizierten Exemplaren von *Najas marina*, welche im Mähbereich zum Zeitpunkt der dritten Probenentnahme und in der mähfreien Fläche zum vierten Entnahmezeitpunkt, sowie bei den Exemplaren von *Ceratophyllum demersum* auf der gemähten Fläche zur vierten Probenentnahme und der nicht gemähten Fläche zur dritten Entnahme entnommen wurden, handelt es sich um Einzelfunde. Ein regelmäßiges Vorkommen ist nicht zu verzeichnen.

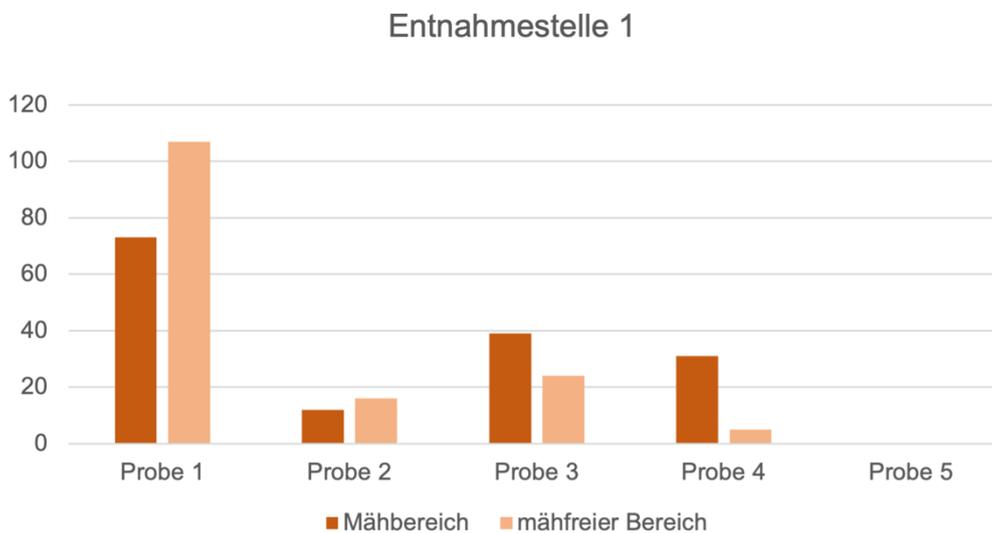


Abbildung 19 – Veränderung der Individuenanzahl bei Entnahmestelle 1

Die Entwicklung der Individuenzahl im Mähbereich und der mähfreien Fläche ist über die gesamte Erhebungsdauer ident. Einem deutlichen Rückgang (84% im Mähbereich und 85% in der mähfreien Fläche) der Individuenzahl nach der ersten Probenentnahme am 31.05.2021 folgt ein leichter Anstieg von der zweiten bis zur dritten Entnahme am 30.06.2021 bzw. 23.07.2021. Bei der vierten Probenentnahme am 01.09.2021 wurde erneut ein Rückgang der Pflanzenanzahl festgestellt, wobei dieser mit 21% im Mähbereich relativ gering und mit 79% in der mähfreien Fläche deutlich ausfällt.

## Entnahmestelle 2

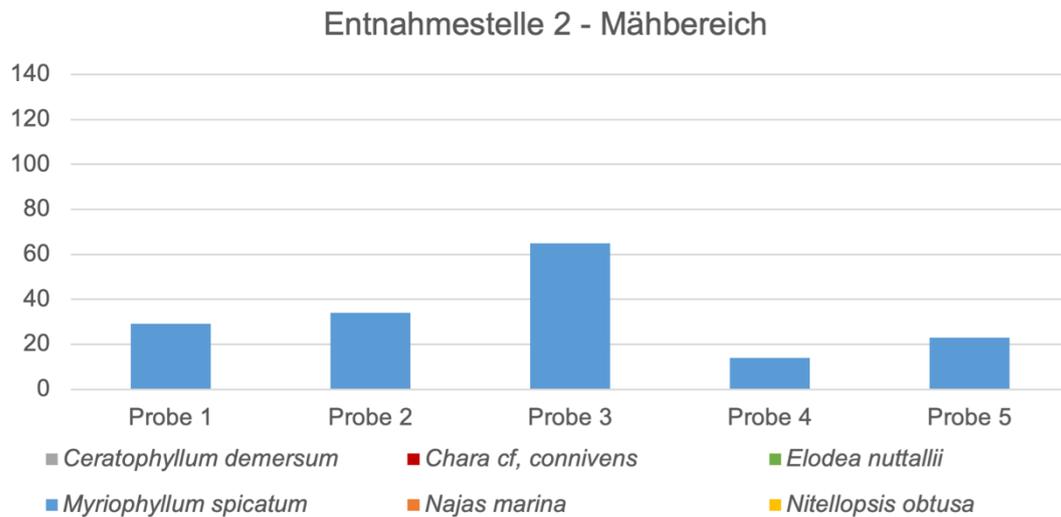


Abbildung 20 – Artenverteilung Entnahmestelle 2 - Mähbereich

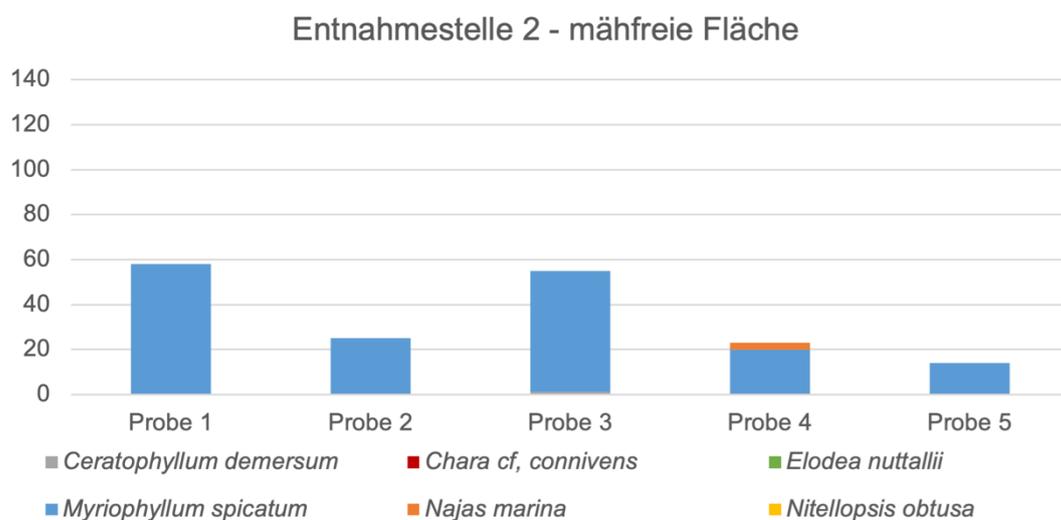


Abbildung 21 – Artenverteilung Entnahmestelle 2 – mähfreie Fläche

Bei Betrachtung der Artenzusammensetzung konnten lediglich bei der Probe von 01.09.2021 Exemplare der Art *Najas marina* nachgewiesen werden. Bei allen weiteren Proben wurde unabhängig von gemähter oder nicht gemähter Fläche *Myriophyllum spicatum* als einzige vorkommende Art identifiziert.

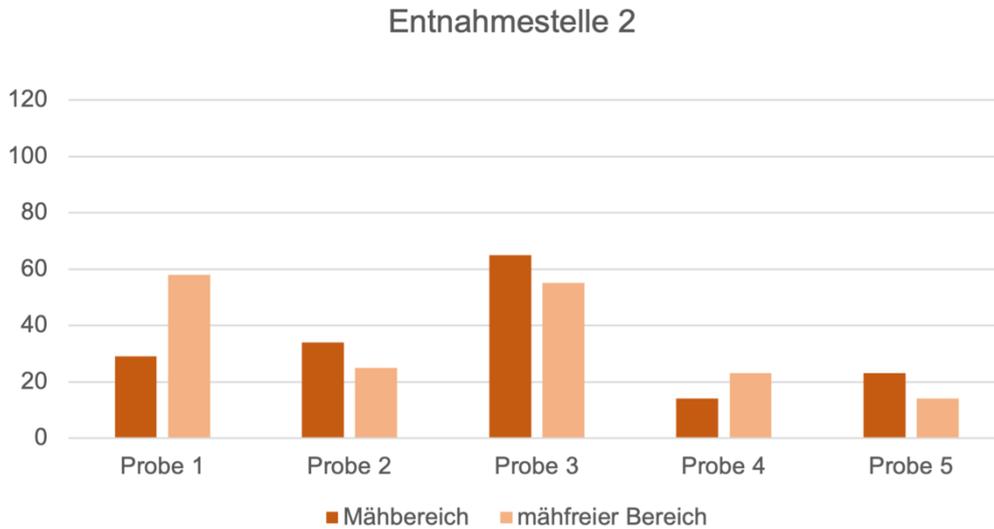


Abbildung 22 – Veränderung der Individuenanzahl bei Entnahmestelle 2

Im mähfreien Bereich der Entnahmestelle 2 lässt sich, wie bereits bei Entnahmestelle 1 nach einem Rückgang der Individuenzahl zu Beginn der Saison ein Anstieg der Anzahl der Pflanzen erkennen, bevor gegen Ende der Saison die Individuenanzahl wieder sinkt.

Auf der gemähten Fläche wurde am 23.07.2021 (Probenentnahme 3) die meisten Exemplare erhoben.

Das Verhältnis zwischen gemähter Fläche und nicht gemähter Fläche hinsichtlich der Anzahl der Individuen zeigt eine tendenziell höhere Individuenzahl auf der gemähten Fläche, der Unterschied ist jedoch nur von geringem Ausmaß. Ausnahme bildet die Probenentnahme 1, bei welcher die Anzahl entnommener Pflanzen in der mähfreien Fläche deutlich überwiegt. Bei der vierten Entnahme überstieg die Pflanzenmenge der mähfreien Fläche ebenfalls die der gemähten, allerdings nur gering.

## Entnahmestelle 3

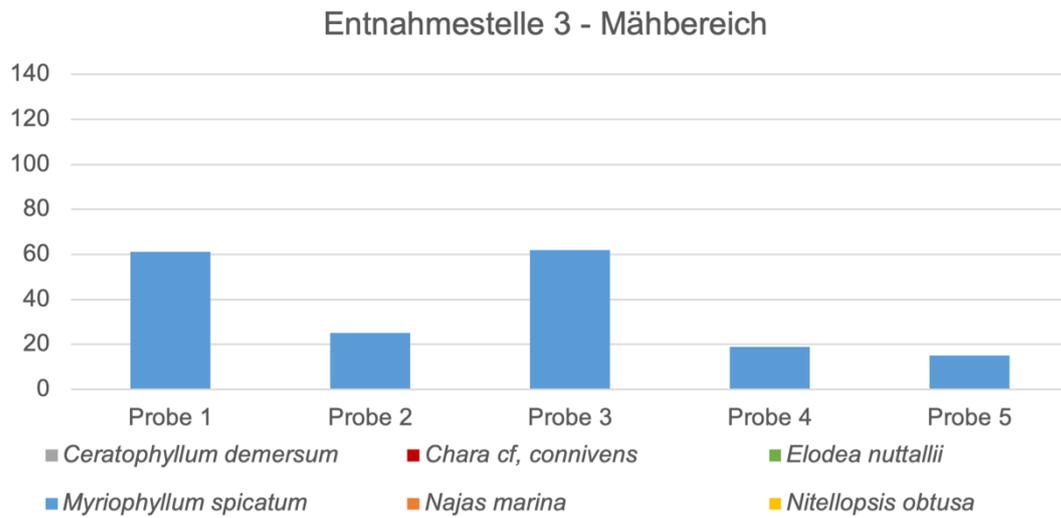


Abbildung 23 – Artenverteilung Entnahmestelle 3 - Mähbereich

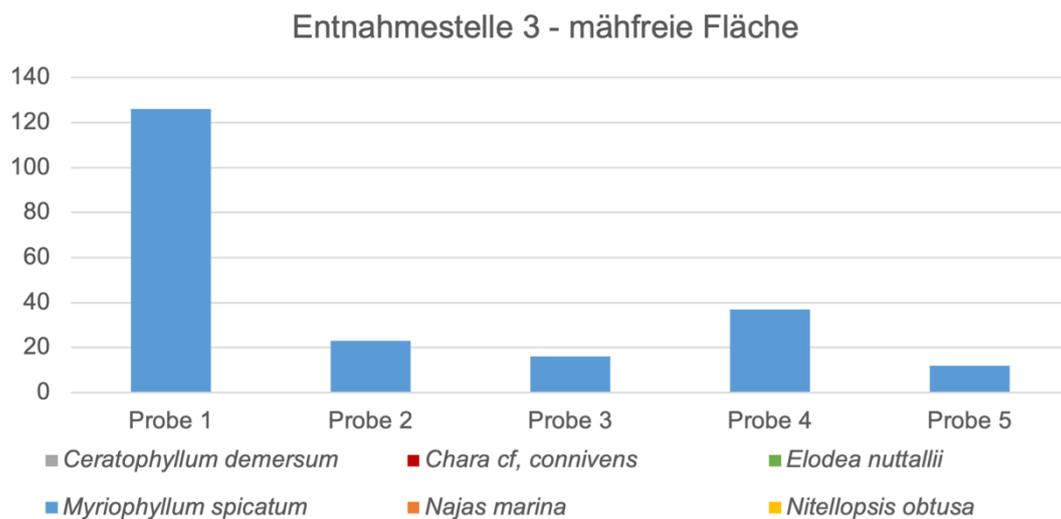


Abbildung 24 – Artenverteilung Entnahmestelle 3 – mähfreie Fläche

Bei Entnahmestelle 3 wurde in beiden Aufnahmebereichen neben Individuen der Art *Myriophyllum spicatum* in keiner der durchgeführten Proben eine weitere Art verzeichnet.

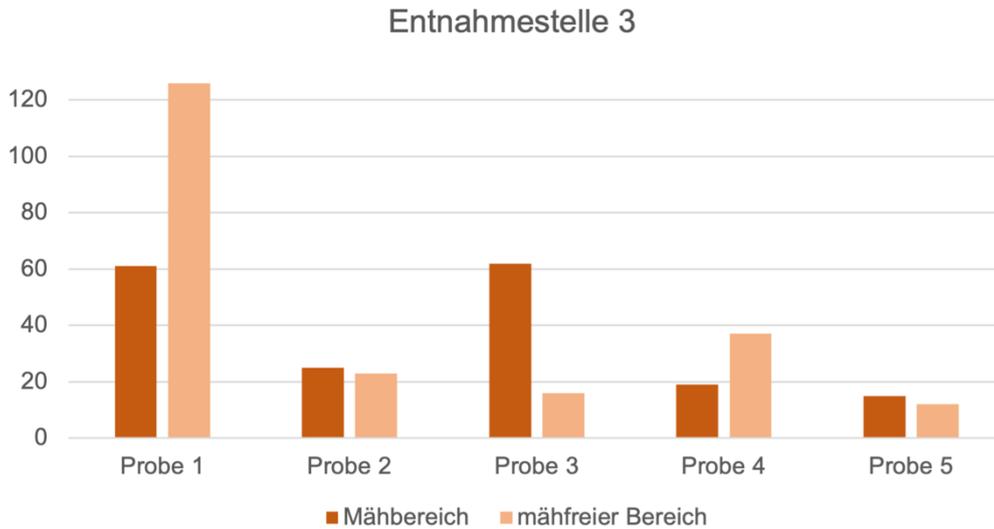


Abbildung 25 – Veränderung der Individuenanzahl bei Entnahmestelle 3

Die Auswertung der Individuenanzahl zeigt, dass, ähnlich wie bei den vorangegangenen Entnahmestellen, nach einem Rückgang der Pflanzen nach der ersten Probenentnahme ein Anstieg bei der dritten bzw. vierten Probenentnahme zu verzeichnen ist, bevor es am Ende der Wachstumsperiode zu einem erneuten Rückgang kommt. In der mährefreien Fläche enthält Probe 1 mit Abstand die meisten Individuen, worauf ein deutlicher Rückgang um 82% folgt. Wohingegen im Mähbereich der Rückgang 59% beträgt. In beiden Bereichen beträgt der erneute Anstieg der Individuenzahl mehr als das Doppelte, wobei die Zunahme an Pflanzen im mährefreien Bereich zu einem späteren Zeitpunkt, nämlich zwischen der dritten und vierten Probe erfolgt.

## Entnahmestelle 4

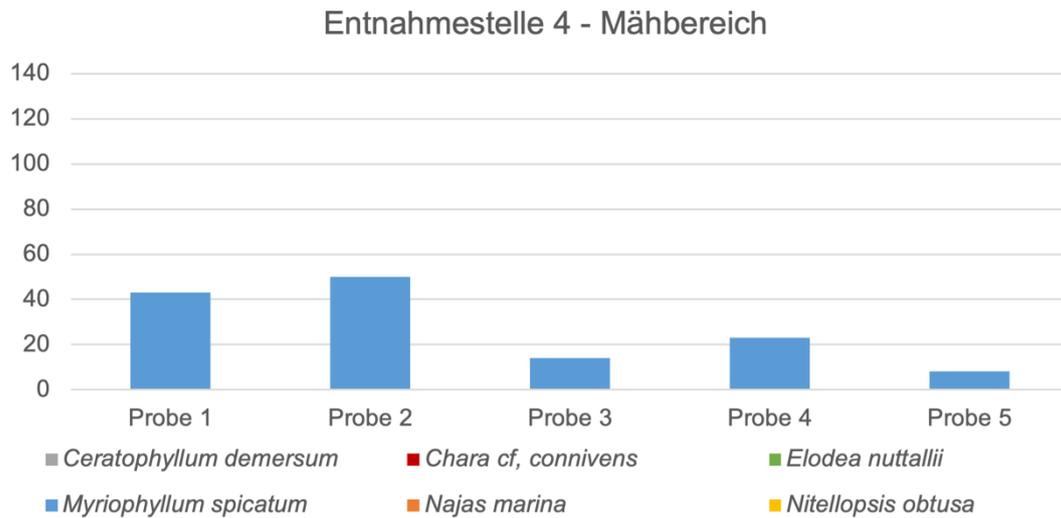


Abbildung 26 – Artenverteilung Entnahmestelle 4 - Mähbereich

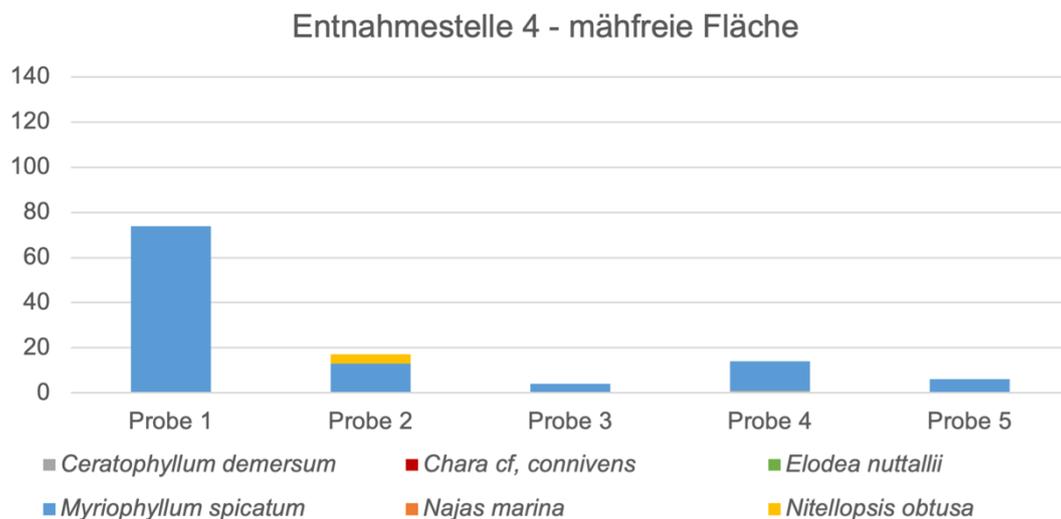


Abbildung 27 – Artenverteilung Entnahmestelle 4 – mähfreie Fläche

In sämtlichen Proben des Mähbereichs wurden ausschließlich Individuen von *Myriophyllum spicatum* identifiziert. Wohingegen in der nicht gemähten Fläche bei der zweiten Entnahme am 30.06.2021 Pflanzen der Art *Nitellopsis obtusa* festgestellt wurden. Dieses Vorkommen setzt sich jedoch nicht fort und in den darauffolgenden Proben wurden wiederum nur Pflanzen der Art *Myriophyllum spicatum* erhoben.

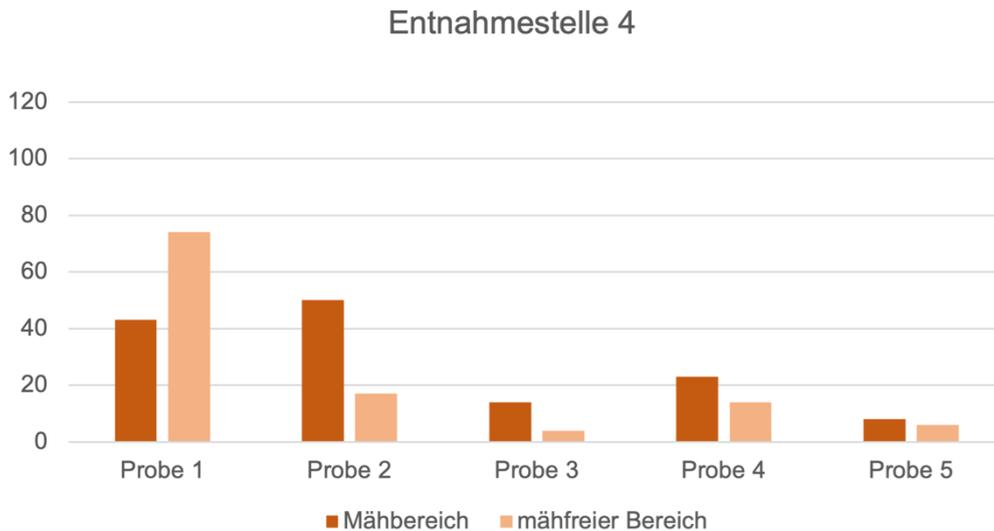


Abbildung 28 – Veränderung der Individuenanzahl bei Entnahmestelle 4

Die Veränderung der Anzahl der Pflanzen zeigt in jenem Bereich, in dem Mäharbeiten stattgefunden haben, einen leichten Anstieg der Individuenzahl zwischen der ersten und zweiten Probenentnahme. Anschließend folgt ein tendenzieller Rückgang bis Ende der Saison.

Das erhobene Pflanzenmaterial der mähfreien Fläche zeigt einen deutlichen Rückgang der Pflanzenzahl um 73%, welcher über den restlichen Verlauf des Erhebungszeitraumes nicht wieder ausgeglichen wird. Die Pflanzenmengen der gemähten Fläche übersteigen zu jeder weiteren Probenentnahme die der mähfreien Fläche.

## Entnahmestelle 5

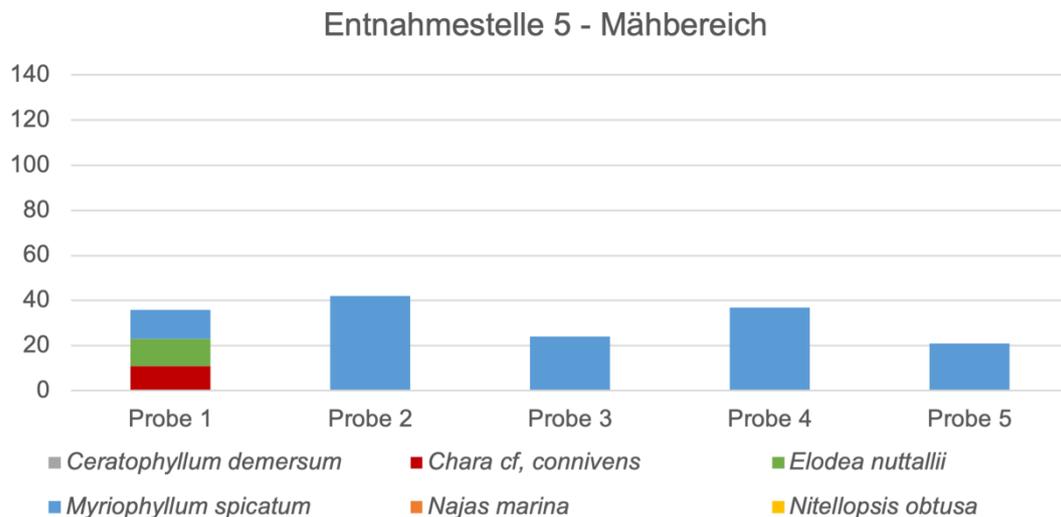


Abbildung 29 – Artenverteilung Entnahmestelle 5 - Mähbereich

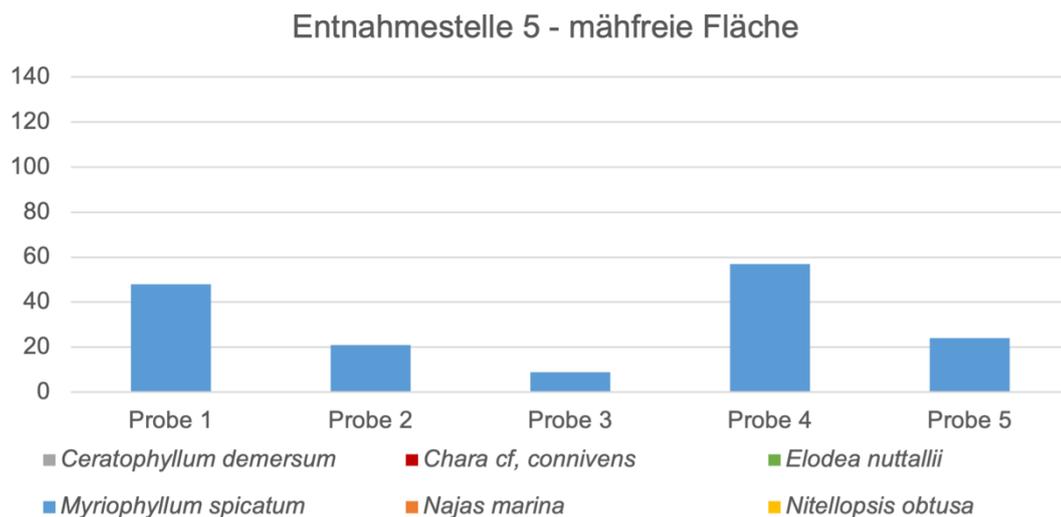


Abbildung 30 – Artenverteilung Entnahmestelle 5 – mähfreie Fläche

Auffällig ist bei der ersten Entnahme im Mähbereich neben der Art *Myriophyllum spicatum* das Vorkommen von *Chara cf. connivens*. und *Elodea nuttallii* zu je einem Drittel. Dieser Trend setzt sich jedoch nicht fort, in keiner darauffolgenden Probe wurden andere Arten außer *Myriophyllum spicatum* festgestellt. Die Proben der mähfreien Fläche bestanden über den gesamten Aufnahmezeitraum ausschließlich aus dieser Art.

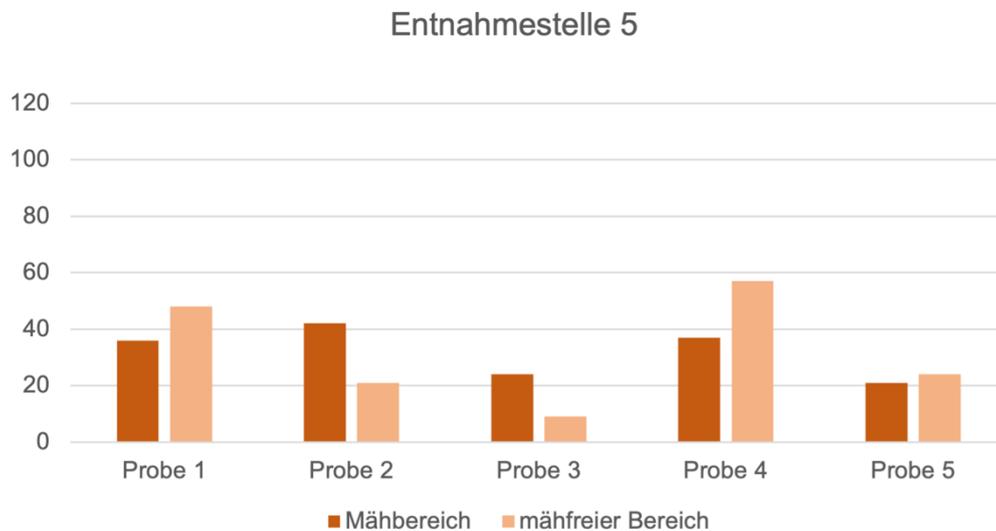


Abbildung 31 – Veränderung der Individuenanzahl bei Entnahmestelle 5

Die Änderung der Individuenanzahl fällt im Mähbereich der Entnahmestelle 5 äußerst gering aus. Die Schwankungsbreite liegt hier zwischen 42 Individuen zum Zeitpunkt der zweiten Probenentnahme und 21 Individuen bei der fünften Probenentnahme. Die Entnahmen der mähfremen Fläche zeigen hingegen das bereits in anderen Bereichen zu erkennende Muster von einem Rückgang der Pflanzenanzahl nach der ersten Probenentnahme, welchem ein Anstieg und ein erneuter Rückgang an Individuen folgen.

## Entnahmestelle 6

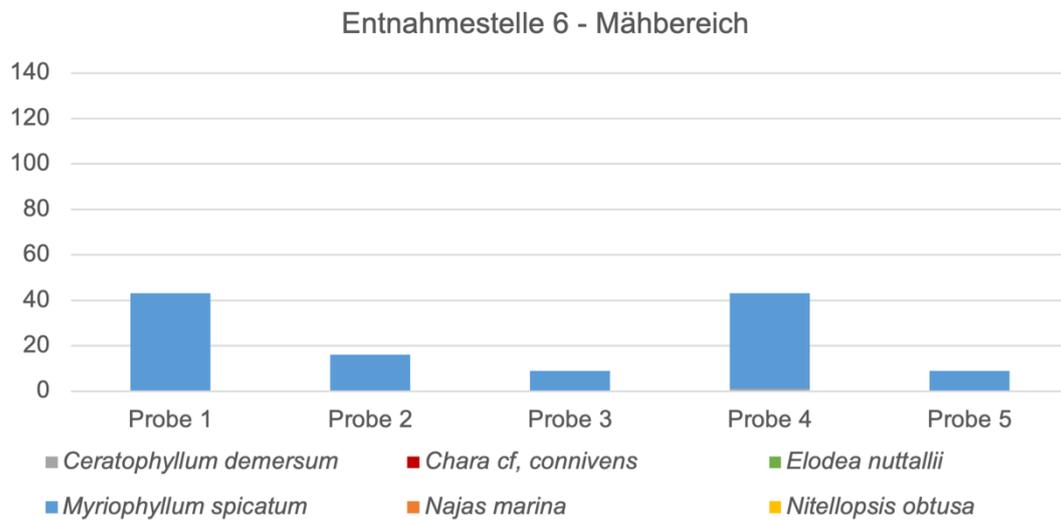


Abbildung 32 – Artenverteilung Entnahmestelle 6 - Mähbereich

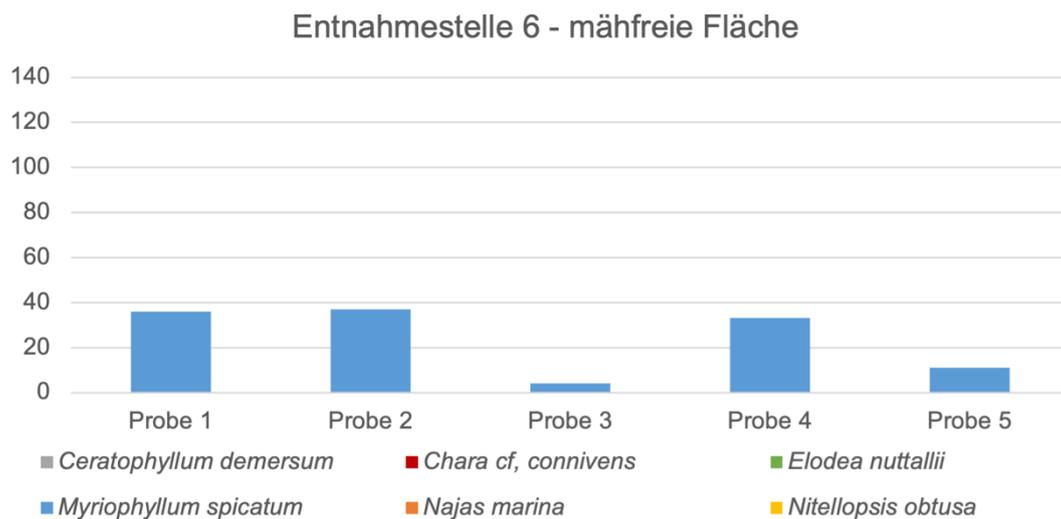


Abbildung 33 – Artenverteilung Entnahmestelle 6 – mähfreie Fläche

Bei Entnahmestelle 6 wurde, gleich wie bei Entnahmestelle 3 in beiden Aufnahmebereichen neben Individuen der Art *Myriophyllum spicatum* in keiner der durchgeführten Proben eine weitere Art verzeichnet.

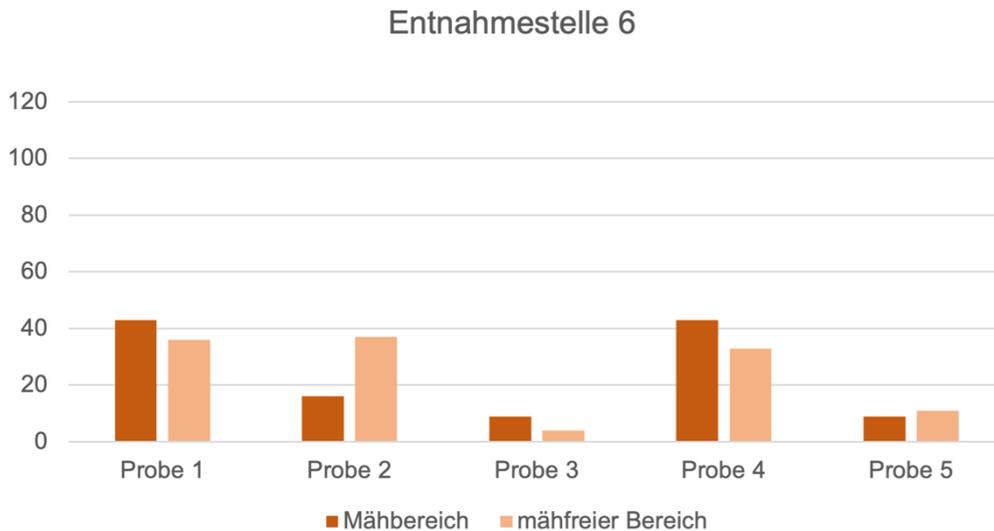


Abbildung 34 – Veränderung der Individuenanzahl bei Entnahmestelle 6

Auch bei Entnahmestelle 6 zeigt sich die Schwankung der Individuenzahl über den Verlauf der Saison, wie sie bereits bei den anderen Entnahmestellen festgestellt wurde. Dem anfänglichen Rückgang folgt ein Anstieg der Pflanzenzahl, welche zum Ende der Saison wieder zurückgeht. Eine Ausnahme bildet in diesem Fall die Erhebung der mährefreien Fläche. Hier ist der Rückgang der Individuenzahl nicht nach der ersten, sondern erst nach der zweiten Probenentnahme eingetreten. Die Zunahme war zwischen dritter und vierter Probe.

Der Vergleich zwischen den beiden Aufnahmebereichen zeigt eine sehr ähnliche Pflanzenmenge zu den Zeitpunkten der Aufnahmen. Lediglich bei der zweiten Probe wies der mährefreie Bereich eine deutlich höhere Anzahl an Pflanzen auf.

#### Artenverteilung je Probe

Wird der Fokus auf die Artenverteilung je Probenentnahme gelegt, erhält man folgende Ergebnisse:

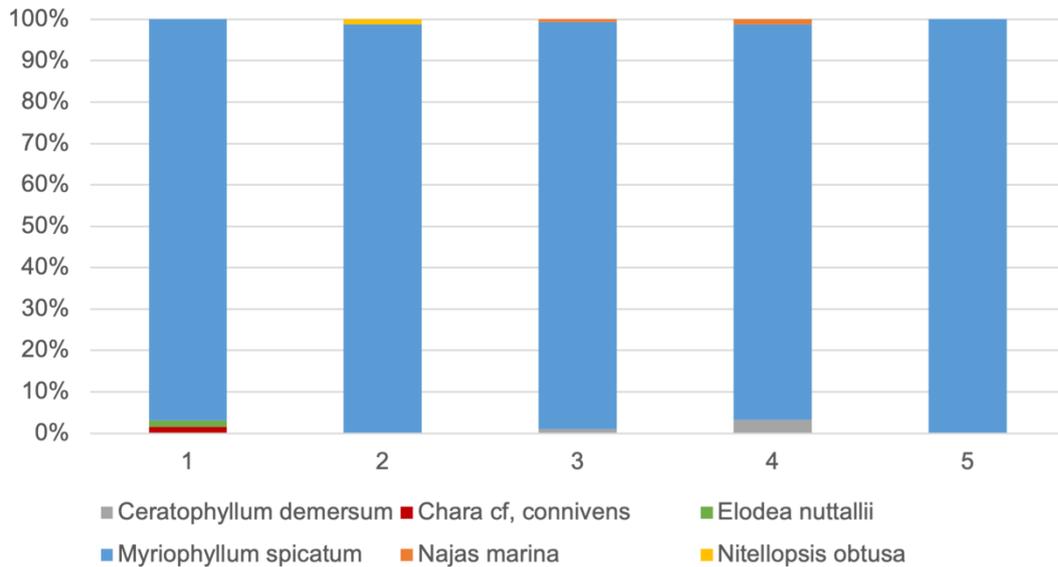


Abbildung 35 – Artenverteilung nach Probenentnahmen

Die Artenverteilung der ersten Probe liegt bei 1% *Chara cf. connivens* zu 2% *Elodea nuttallii* und 97% *Myriophyllum spicatum*.

Bei Probenentnahme 2 konnte zu 1% die Art *Nitellopsis obtusa* nachgewiesen werden. Das weitere entnommene Pflanzenmaterial bestand gänzlich aus der Art *Myriophyllum spicatum*.

Im Zuge der dritten Probenentnahme wurden Exemplare der Arten *Ceratophyllum demersum* *Najas marina* identifiziert. Das Verhältnis zur weiterhin dominanten Art *Myriophyllum spicatum* beläuft sich jedoch auf lediglich jeweils 1% des entnommenen Pflanzenmaterials.

Ebenso wie bei der dritten Entnahme am 23.07.2021 konnten bei der Entnahme am 01.09. erneut die Arten *Ceratophyllum demersum* und *Najas marina* nachgewiesen werden. Zudem wurden nicht nur prozentuell, sondern auch absolut mehr Individuen der beiden Arten erhoben. Das Dominanzverhältnis von *Myriophyllum spicatum* liegt bei 96% zu 3% *Ceratophyllum demersum* und 1% *Najas marina*.

Bei der 5. Probenentnahme konnten neben *Myriophyllum spicatum* in keinem der Aufnahmebereiche weiteren Arten nachgewiesen werden.

### 3.1.2 Vitalitätseinstufung

Für die Einstufung der Vitalität wird auf eine eigens definierte Bewertungsskala zurückgegriffen, anhand derer der Allgemeinzustand der erhobenen Proben eingestuft wird. Die Skalierung verläuft anhand des Schulnotensystems, wobei die Bewertung „1“ für einen sehr guten Zustand der Pflanzen steht und „5“ für einen schlechten Zustand der Pflanze.

<b>Bewertung</b>	<b>Definition</b>	<b>Einfließende Parameter</b>
1	Sehr guter Zustand der Pflanzen	Viele neue Triebe, satte Farbe (von Stängel und Blättern), großes Pflanzenvolumen, Blütenstände vorhanden, starke Verästelung
2	Guter Zustand der Pflanzen	Einzelne neue Triebe, großes Pflanzenvolumen, Blütenstände vorhanden, Verästelung
3	Durchschnittlicher Zustand der Pflanzen	Vereinzelt Veralgung erkennbar, keine neuen Triebe
4	Verschlechterter Zustand der Pflanzen	Veralgung an mehreren Stellen erkennbar, vereinzelt einsetzende Pflanzenfäulnis, fahle Färbung (von Stängel und Blättern), kaum Verästelung
5	Schlechter Zustand der Pflanzen	Starke Veralgung erkennbar, deutlicher Fäulnisgeruch, geringes Pflanzenvolumen, keine Verästelung

Tabelle 4 – Bewertungsschlüssel der Vitalität

## Entnahmestelle 1

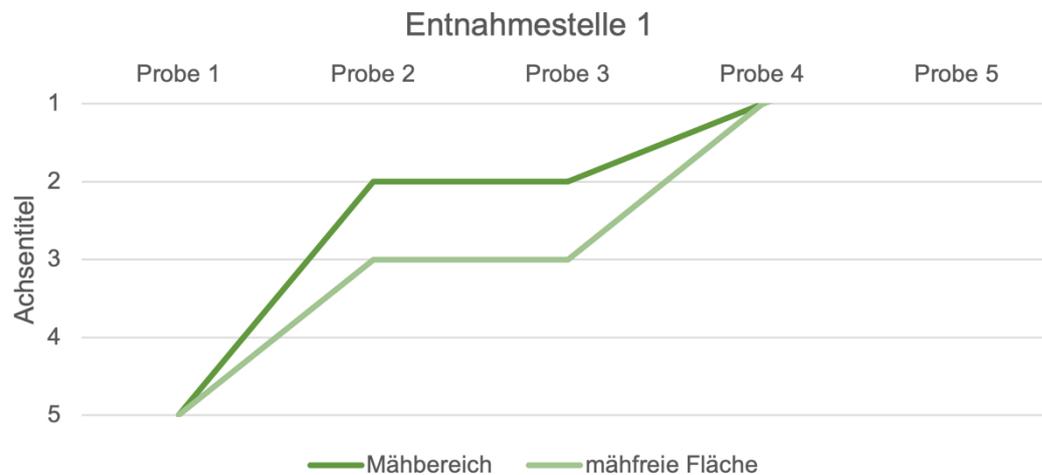


Abbildung 36 – Vitalitätsentwicklung Entnahmestelle 1

Bei der ersten Probenentnahme weist das Pflanzenmaterial beider Aufnahmebereiche (Mähbereich und mähfreie Fläche) einen schlechten Vitalitätszustand auf. Die Pflanzen sind stark veralgt und zeigen Anzeichen von Fäulnis. Das macht sich auch an einem intensiven Fäulnisgeruch bemerkbar. Das Pflanzenmaterial zerfällt beim Angreifen und die Pflanzen weisen ein geringes Volumen und Verästelungen auf. Die Beurteilung der Vitalität liegt daher bei einer Einstufung von 5 gemäß der zuvor definierten Bewertungsskala.

Zum Zeitpunkt der zweiten, sowie dritten Probenentnahme zeigen die Pflanzen einen deutlich verbesserten Vitalitätszustand. Bei Entnahme 2 sind lediglich noch leichte Veralgungen der Pflanzen erkennbar, bei der dritten Entnahme ist das Pflanzenmaterial dicht und im mähfreien Bereich sind auch einzelne Blütenstände zu verzeichnen. Die Veralgung ist weiterhin gering.

Bei der vierten Probenentnahme zeigten die Pflanzen sowohl im Mähbereich als auch jene der mähfreien Flächen eine erneute verbesserte Vitalität. Die entnommenen Pflanzen wiesen neben langen und teils neuen Trieben eine satte Färbung und Blütenstände auf.

Die letzte Probenentnahme wurde aufgrund bereits genannter Gründe nicht durchgeführt.



Abbildung 37 - Probe 1 – mähfreier Bereich



Abbildung 38 - Probe 2 – Mähbereich



Abbildung 39 - Probe 3 – mähfreier Bereich



Abbildung 40 - Probe 4 - Mähbereich



Abbildung 41 - Probe 4 – mähfreier Bereich

## Entnahmestelle 2

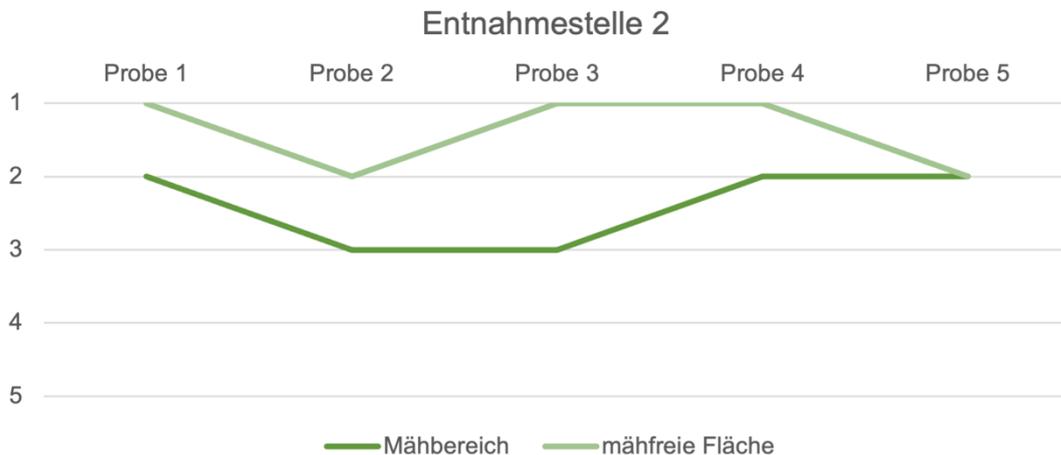


Abbildung 42 – Vitalitätsentwicklung Entnahmestelle 2

Bei der ersten Entnahme weist das Pflanzenmaterial der gemähten Fläche eine deutliche Rotfärbung, Verästelungen der langen Triebe und ein hohes Pflanzenvolumen auf. Die Probe der nicht gemähten Fläche zeigt vermehrte Verästelungen und eine satte Färbung. Zudem sind einzelne Blütenstände erkennbar. Die Pflanzen beider Bereiche weisen demnach einen guten bis sehr guten Allgemeinzustand auf, welcher sich bei der zweiten Probenentnahme in beiden Bereichen durch das Auftreten geringer Veralung an den Pflanzen leicht verschlechtert, wobei die Vitalität der mähfreyen Fläche durch das Vorkommen einzelner neuer Triebe besser eingestuft wird.

Die Veralung der Pflanzen ist im gemähten Bereich auch bei Probenentnahme 3 erkennbar. Zudem besteht die entnommene Probe vermehrt aus kurzen Pflanzen, wohingegen die der nicht gemähten Fläche deutlich längere Triebe mit einer deutlichen Rotfärbung, sowie Blütenstände aufweisen.

Da bei der vierten Probenentnahme auf den Pflanzen des Mähbereichs keine Veralungen mehr erkennbar waren, und das entnommene Material eine satte Färbung aufwies, konnte die Vitalität als gut eingestuft werden. Die Vitalität der Pflanzen im mähfreyen Bereich wurde durch das Vorkommen von Blütenständen, hohem Pflanzenvolumen und einer satten Pflanzenfärbung erneut als sehr gut eingestuft.

Bei der fünften Entnahme am 20.10.2021 fällt die Einstufung beider Bereiche aufgrund einer satten Grünfärbung kurzer, jedoch kräftiger Pflanzen auf einen guten Zustand zurück.



Abbildung 43 – Probe 1 - Mähbereich



Abbildung 44 - Probe 1 – mährefreier Bereich



Abbildung 45 - Probe 2 – mährefreier Bereich



Abbildung 46 - Probe 3 – mährefreier Bereich



Abbildung 47 - Probe 4 – mähfreier Bereich



Abbildung 48 - Probe 5 – Mähbereich

### Entnahmestelle 3

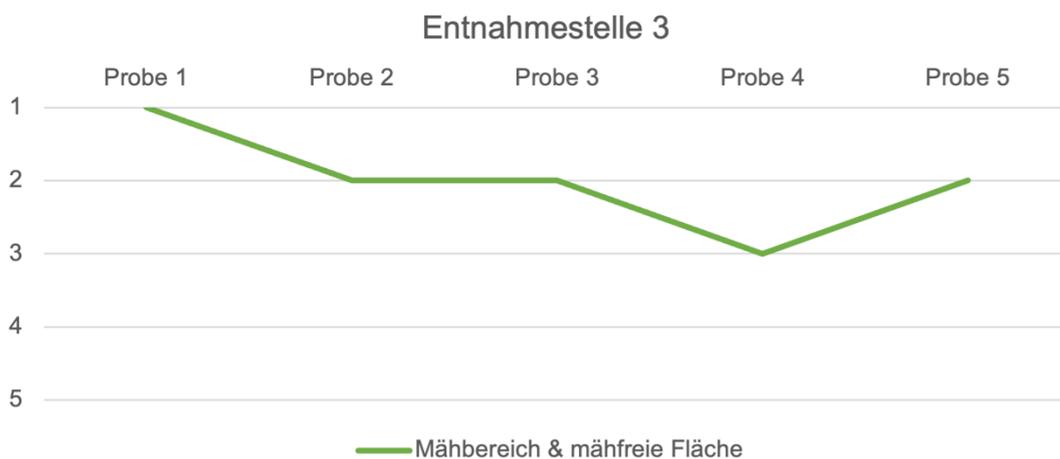


Abbildung 49 – Vitalitätsentwicklung Entnahmestelle 3

Die Einstufung der Vitalität der Pflanzen ist bei allen Probenentnahmen ident und wird daher mit lediglich einem Graphen dargestellt.

Zu Beginn des Erhebungszeitraumes weisen die Pflanzen sowohl des Mähbereichs, als auch der mähfreien Fläche einzelne Blütenstände und eine deutliche Rotfärbung der Stiele auf. Es lassen sich ebenso sehr lange Pflanzen von über 150 Zentimeter Länge, als auch kurze Pflanzen ausmachen. Die Vitalität wird als sehr gut eingestuft.

Bei der zweiten Entnahme ist das entnommene Material sattgrün, besteht aus langen Pflanzen und befindet sich in einem guten vitalen Zustand.

Auch bei Entnahme 3 sind die Pflanzen von kräftiger Färbung. Die neuen Triebe sind deutlich rot gefärbt. Die Pflanzen im Mähbereich sind deutlich kürzer als die der mähfreien Fläche.

Die Vitalität der Pflanzen geht bei der vierten Probenentnahme zurück und wird aufgrund der geringen Zahl an Verästelungen und wenigen Blättern auf Stufe 4 und somit einen verschlechterten Zustand der Pflanzen zurückgestuft. Dieser steigt bei der letzten Erhebung aufgrund einer satten Färbung jedoch wieder auf eine durchschnittliche Vitalitätseinstufung.



Abbildung 50 - Probe 1 – mähfreier Bereich



Abbildung 51 – Probe 2 - Mähbereich



Abbildung 52 - Probe 3 – mähfreier Bereich



Abbildung 53 – Mähbereich



Abbildung 54 – Probe 4 – mährefreier Bereich



Abbildung 55 – Probe 5 – mährefreier Bereich

### Entnahmestelle 4

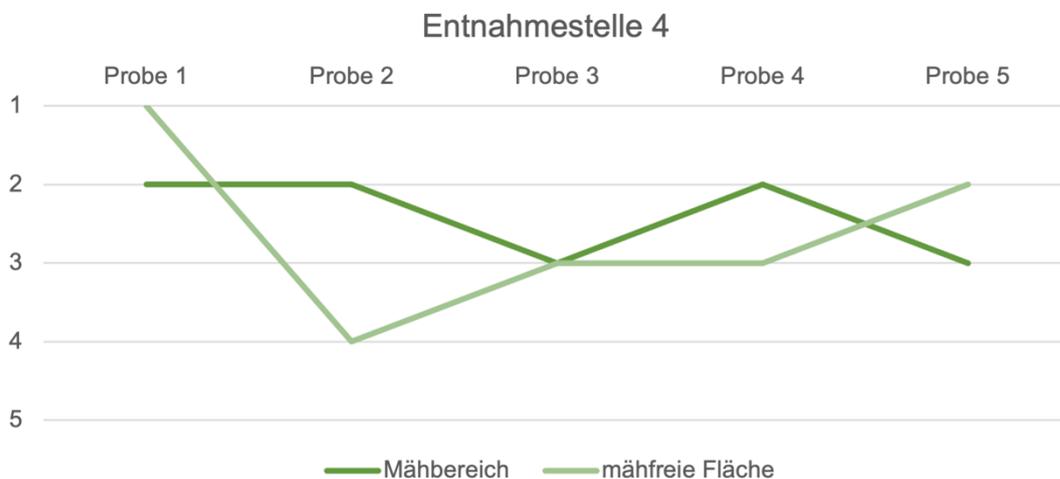


Abbildung 56 – Vitalitätsentwicklung Entnahmestelle 4

Zu Beginn der Aufnahmeperiode sind bei Entnahmestelle 4 die besonders langen Pflanzen auffällig, deren Länge zwischen 170 Zentimeter im Mähbereich und zirka 230 Zentimeter im nicht gemähten Bereich gemessen wird. Die Einschätzung der Vitalität der Pflanzen liegt bei der Note 2 im Mähbereich und aufgrund des Vorhandenseins von Blütenständen in der nicht gemähten Fläche bei der Einstufung 2.

Neuen Trieben und gleichbleibend gute Vitalität im Bereich der Mäharbeiten steht bei der Probenentnahme am 30.6.2021 eine deutliche Veralgung der Pflanzen auf der mährefreien Fläche gegenüber. Die Einstufung der Vitalität wird hier daher auf 4 herabgesetzt.

Zum Zeitpunkt der dritten Erhebung hat die Individuenzahl deutlich abgenommen (siehe Vorgefundene Arten und Individuenzahl), die wenigen vorgefundenen Pflanzen weisen keine Blütenstände oder neue Triebe auf, sind jedoch von kräftiger Farbe, weswegen die Einstufung in beiden Aufnahmebereichen mit einer durchschnittlichen Pflanzenvitalität eingestuft wird. Das bedeutet eine geringfügige Abnahme im Mähbereich und eine Verbesserung bei den Pflanzen der mähfreien Fläche.

Der bereits bei der vorangegangenen Probenentnahme festgestellte durchschnittliche Vitalitätszustand der Pflanzen im Bereich der nicht gemähten Fläche setzt sich auch bei der vierten Entnahme fort. Die teils sehr langen Pflanzen weisen eine deutliche Rotfärbung der Stängel und eine satte Färbung auf. Bei der Probe des Mähbereichs zeigen die ebenfalls sehr langen Pflanzen zwar neben einzelnen Blüten nur wenig Verästelungen auf, jedoch sind keinerlei Spuren von Veralgung zu erkennen, was in einer guten Vitalitätseinstufung resultiert.

Bei der letzten Probenentnahme erfolgt die Einstufung des Pflanzenzustands aufgrund leichter Rotfärbung der Stängel im Mähbereich und einer kräftigeren Färbung in der nicht gemähten Fläche auf einen durchschnittlichen, beziehungsweise guten Vitalitätsgrad.



Abbildung 57 – Probe 1 - Mähbereich



Abbildung 58 - Probe 1 – mähfreie Fläche



Abbildung 59 – Probe 2 - Mähbereich



Abbildung 60 – Probe 2 – mähfreier Bereich



Abbildung 61 – Probe 3 – mähfreier Bereich



Abbildung 62 – Probe 4 – Mähbereich



Abbildung 63 – Probe 5 – mähfreier Bereich

## Entnahmestelle 5

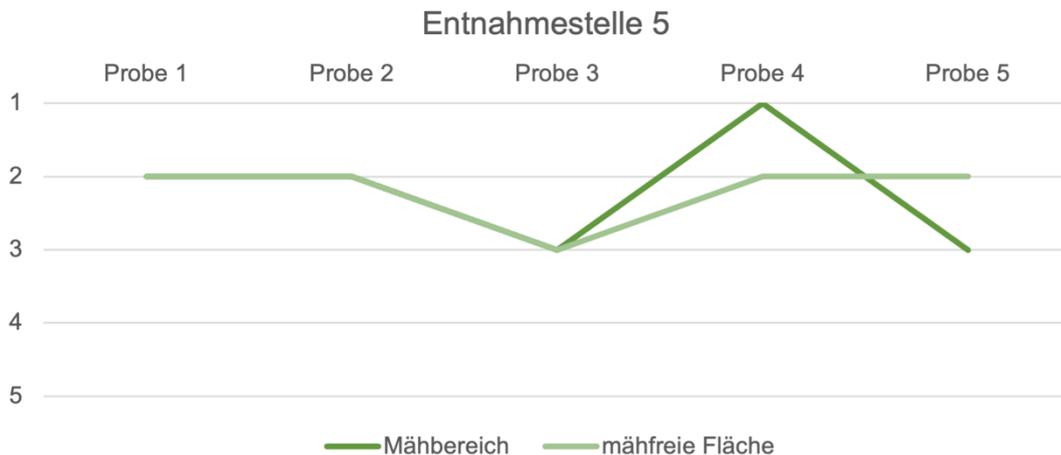


Abbildung 64 – Vitalitätsentwicklung Entnahmestelle 5

Aufgrund der satten Pflanzenfärbung und dem Vorkommen einzelner Blütenstände wird die Vitalität beider Erhebungsbereiche bei der ersten Entnahme mit „Gut“ eingestuft.

Diese Beurteilung bleibt, trotz einer leichten Veralgung, aber aufgrund der satten Färbung und kräftigen Pflanzen und langen Triebe zum Zeitpunkt der nächsten Erhebung sowohl im gemähten als auch im mähfreyen Bereich bestehen.

Auch bei der dritten Probenentnahme ist die Vitalitätseinstufung beider Bereiche ident, wobei diese durch einen eher spärlichen Bewuchs und fehlende neue Triebe beziehungsweise Blüten auf einen durchschnittlichen Zustand festgelegt wird.

Bei der darauffolgenden Probe sind hingegen sowohl im mähfreyen Bereich als auch auf der gemähten Fläche neue Triebe an kräftig gefärbten Pflanzen erkennbar. Im Mähbereich kommen dazu auch Blütenstände und eine deutliche Rotfärbung der neuen Triebe, was auf einen sehr guten Vitalitätszustand der Pflanzen schließen lässt. Die Einstufung der nicht gemähten Fläche liegt bei der Einstufung 2.

Diese Einstufung bleibt auch bei der letzten Entnahme bestehen. Im Mähbereich wird die Beurteilung des Pflanzenzustands allerdings aufgrund einer geringen Blattzahl, kahler Pflanzen und erkennbarer Veralgungen auf eine durchschnittliche Vitalitätseinstufung herabgesetzt.



Abbildung 65 – Probe 1 - Mähbereich



Abbildung 66 – Probe 2 – Mähbereich



Abbildung 67 – Probe 3 – mährefreier Bereich



Abbildung 68 – Probe 4 – Mähbereich



Abbildung 69 – Probe 5 – mährefreier Bereich

## Entnahmestelle 6

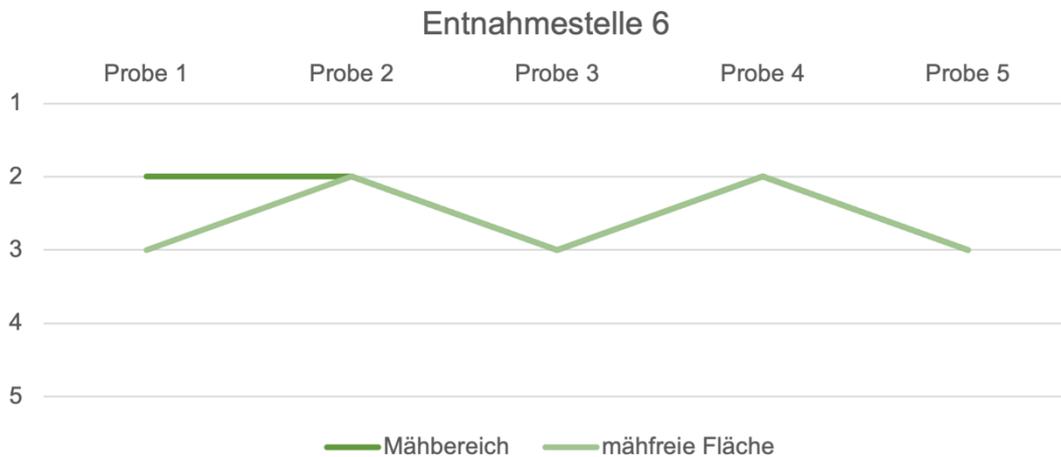


Abbildung 70 – Vitalitätsentwicklung Entnahmestelle 6

Die Vitalitätseinstufung bei der ersten Probenentnahme der Entnahmestelle in der südlichen Unteren Alten Donau liegt aufgrund einzelner Blütenstände und kaum Veralgung der Pflanzen bei einem guten Vitalitätszustand im Mähbereich. Auf der mähfreyen Fläche konnten kein Blütenvorkommen ausgemacht werden. Hier liegt die Einstufung daher bei einer durchschnittlichen Vitalität.

Der weitere Verlauf der Pflanzenvitalität folgt einer identen Einstufung der Bereiche.

Aufgrund sehr langer und kräftiger Pflanzen fällt die Vitalitätseinstufung bei der zweiten auf einen guten Zustand.

Durch das Auftreten von Veralgungen an den Pflanzen und einem Rückgang der Individuenzahl wird bei der dritten Entnahme am 23.07.2021 eine leichte Verschlechterung des Pflanzenzustands festgestellt, welche allerdings bis zur darauffolgenden Entnahme am 01.09.2021 wieder nachlässt. Zudem wird die verbesserte Vitalität bei der vierten Probe durch neue Triebe und einzelne Blüten bestätigt.

Bei der letzten Probenentnahme führen sehr lange Pflanzen und eine leichte Färbung der Triebe zu einer durchschnittlichen Einstufung der Vitalität.



Abbildung 71 – Probe 2 - Mähbereich



Abbildung 72 – Probe 3 - Mähbereich



Abbildung 73 – Probe 4 - Mähbereich



Abbildung 74 – Probe 5 – mährefreier Bereich

### 3.1.3 Erhebung Nass- und Trockengewicht

Neben der Artenbestimmung der Pflanzen und der Vitalitätseinstufung wurde auch eine Wiegung des entnommenen Pflanzenmaterials im nassen und getrockneten Zustand durchgeführt.

Anhand dieser Daten soll festgestellt werden, ob eine Abhängigkeit des Nass- und Trockengewichts hinsichtlich der Vitalität der Pflanzen erkennbar ist. Zudem soll ermittelt werden ob die Werte Aufschluss über den saisonalen Verlauf in Relation zur Individuenzahl bieten. Näheres dazu in Kapitel Diskussion der Ergebnisse.

## Entnahmestelle 1

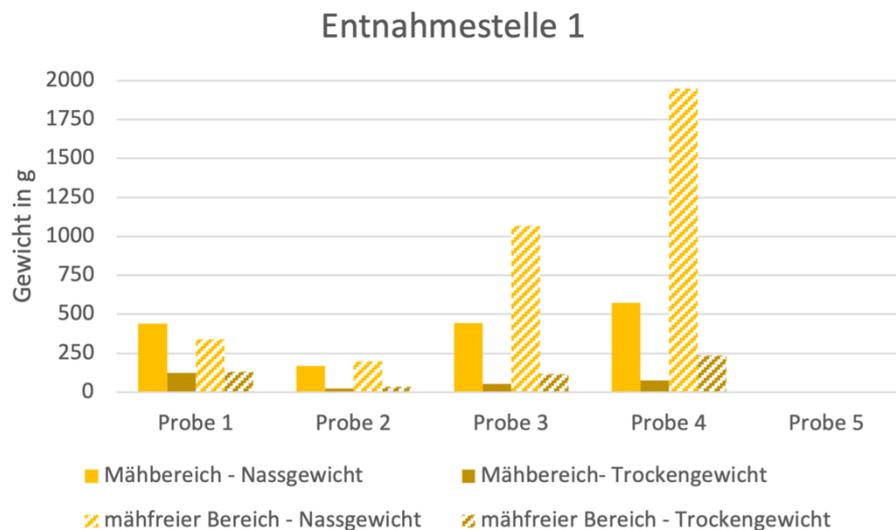


Abbildung 75 – Nass- und Trockengewicht Entnahmestelle 1

Das anfänglich größere Gewicht der Probe des Mähbereichs wird bereits bei der zweiten Entnahme von jenem der mährefreien Fläche übertroffen.

In beiden Bereichen fällt das Gewicht des entnommenen Pflanzenmaterials bei der zweiten Entnahme leicht ab, bevor es mit der dritten Entnahme bereits über dem Gewicht der ersten Probe liegt und bei der vierten Entnahme erneut deutlich ansteigt.

Der prozentuelle Gewichtsverlust nach dem Trocknen steigt im Saisonverlauf. Liegt er bei der ersten Probeentnahme noch bei knapp über 70% im Mähbereich beziehungsweise bei knapp über 60% in der mährefreie Fläche, steigt er bis zur vierten Probenentnahme am 01.09.2021 auf 87% und 88% im Vergleich zum Nassgewicht.

Wie bereits angeführt, wurde bei dieser Entnahmestelle keine fünfte Probe entnommen, weswegen auch keine Gewichtsdaten zu Verfügung stehen.

## Entnahmestelle 2

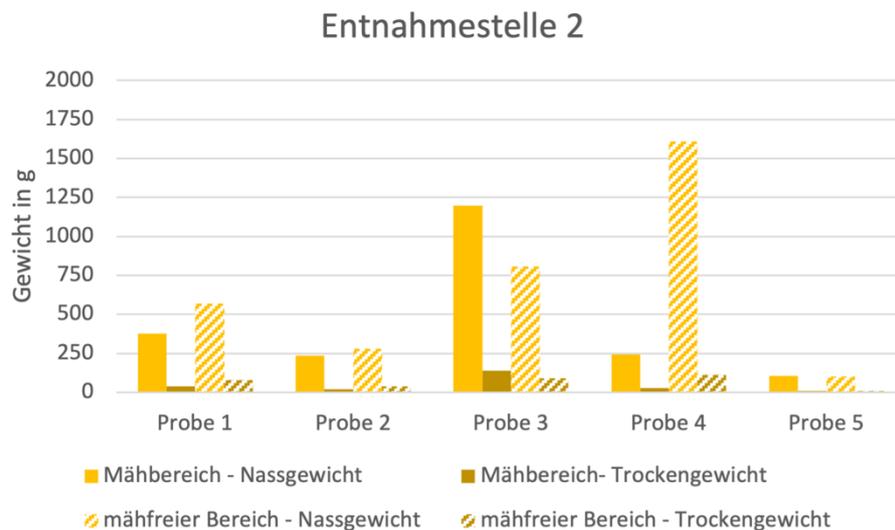


Abbildung 76 – Nass- und Trockengewicht Entnahmestelle 2

Ähnlich wie bei Entnahmestelle 1 lässt sich im mähfremen Bereich der zweiten Entnahmestelle nach einem Abfallen des gewonnenen Nassgewichts ein deutlicher Anstieg bis zur vierten Probe erkennen, bevor es bis zur Entnahme am 20.10. einen markanten Rückgang kommt.

Der Rückgang des Nassgewichts im Mähbereich ist an dieser Entnahmestelle bereits bei der vierten Entnahme erkennbar.

Der prozentuelle Gewichtsverlust des Trockengewichts liegt bei allen entnommenen Proben zwischen 86% und 93%.

### Entnahmestelle 3

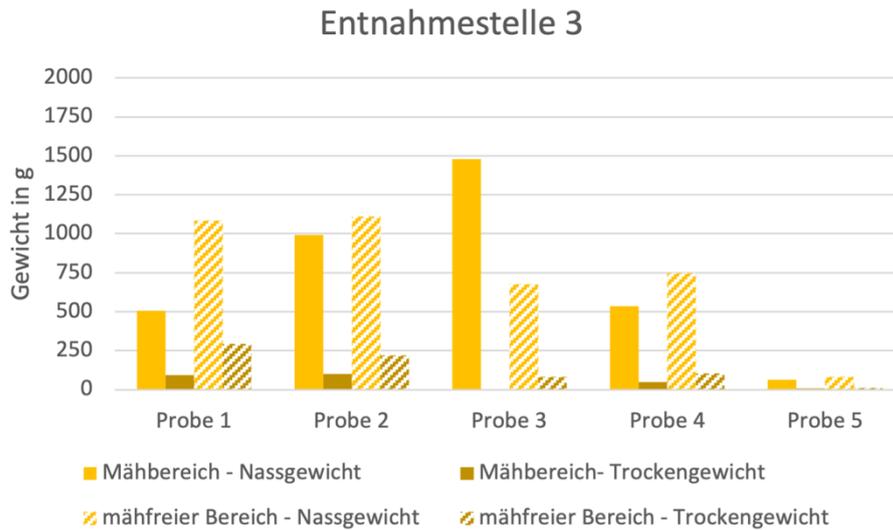


Abbildung 77 – Nass- und Trockengewicht Entnahmestelle 3

Bis zur dritten Probeentnahme steigt das Gewicht des Mähbereichs kontinuierlich an, bevor es anschließend bis zur letzten Entnahme zu einem Rückgang des Nass- und Trockengewichts kommt.

Bei der dritten Probe konnte aufgrund des Verlusts der Probe kein Trockengewicht erhoben werden.

### Entnahmestelle 4

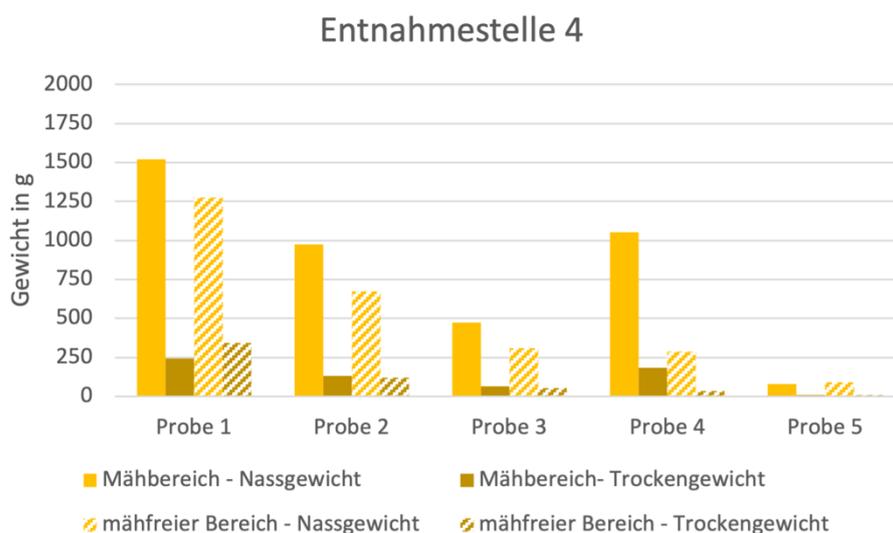


Abbildung 78 – Nass- und Trockengewicht Entnahmestelle 4

Bei Entnahmestelle 4 wiesen alle entnommenen Proben des Mähbereichs ein höheres Nassgewicht auf, als die der mähfreien Fläche. Prozentuell gesehen wiesen jedoch die ersten drei Proben der mähfreien Fläche einen geringeren Gewichtsverlust auf als jene Proben des Mähbereichs. Bei den letzten beiden Entnahmen hielten sich der Gewichtsverlust aller Proben zwischen 87% und 89%.

Sowohl das Nassgewicht, als auch das Gewicht nach Trocknung sank von der ersten Probeentnahme bis zur letzten Probenentnahme kontinuierlich. Lediglich die dritte Entnahme des Mähbereichs bildet einen Ausreißer mit einem unverhältnismäßig hohen entnommenen Gewicht.

### Entnahmestelle 5

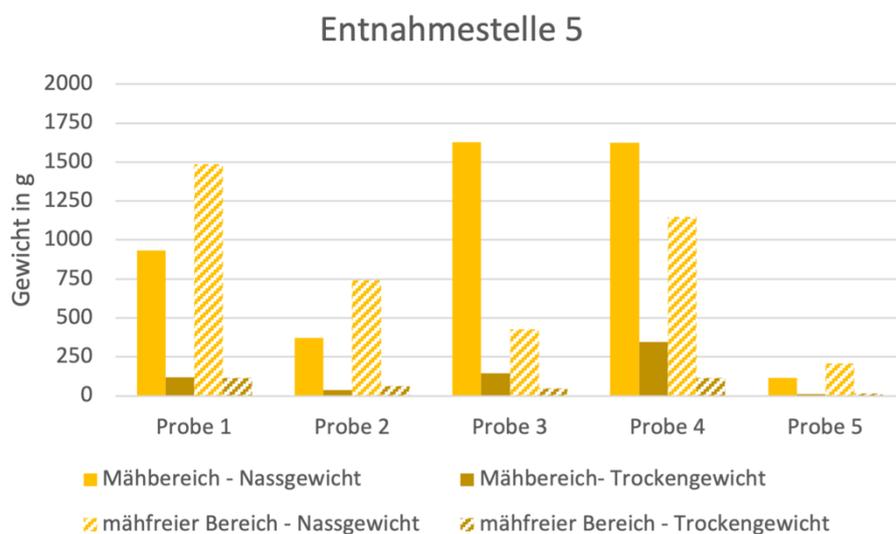


Abbildung 79 – Nass- und Trockengewicht Entnahmestelle 5

Zu Beginn der Saison konnte bei den ersten beiden Entnahmen im mähfreien Bereich mehr Pflanzengewicht erhoben werden, als im Mähbereich. Dieser Trend kehrt sich mit einer starken Zunahme an Pflanzenmaterial bei der dritten und vierten Probenentnahme insbesondere im Mähbereich um. Im mähfreien Bereich nimmt das Gewicht des entnommenen Pflanzenmaterials erst mit der vierten Probenentnahme zu. Zum Ende des Erhebungszeitraumes ist ein deutlicher Abfall des Pflanzengewichts in beiden Bereichen zu erkennen.

Der prozentuelle Gewichtsverlust liegt über den Verlauf der Saison im Mähbereich zwischen 87% und 91%. Lediglich Entnahme 3 zeigt einen verhältnismäßig geringen Gewichtsverlust von 79%.

Im mährefreien Bereich liegt der Gewichtsverlust durch Trocken des Materials zwischen 80% und 90%.

### Entnahmestelle 6

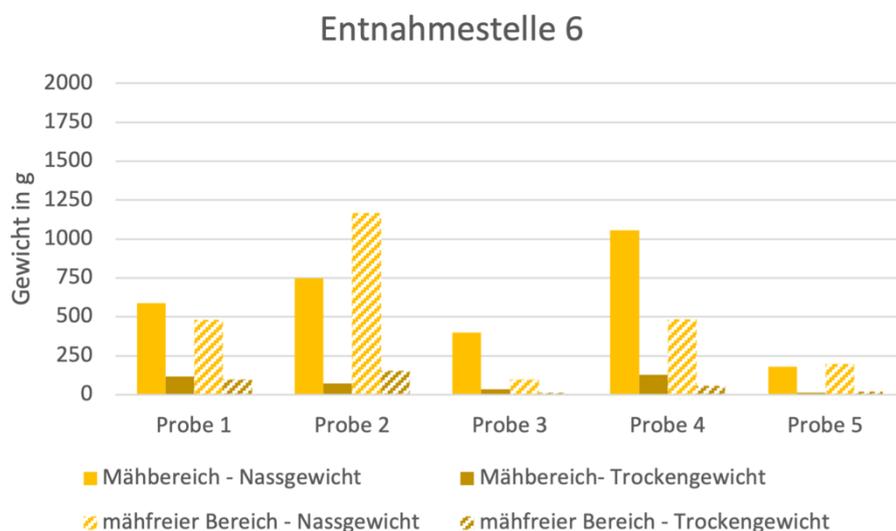


Abbildung 80 – Nass- und Trockengewicht Entnahmestelle 6

Nach einer anfänglichen Gewichtszunahme des Probenmaterials beider Entnahmestellen sinkt das Entnahmegewicht zur dritten Probenentnahme, bevor es zur vierten Entnahme zu einem erneuten Anstieg kommt. Das Gewicht der letzten Proben ist, wie bereits bei anderen Entnahmestellen erkennbar auch bei der Entnahmestelle 6 zum Ende der Saison rückläufig.

Die prozentuelle Gewichtsabnahme liegt bei der betrachteten Entnahmestelle sowohl im Mähbereich, als auch in der mährefreien Fläche zwischen 87% und 92%. Unverhältnismäßige Schwankungen der Werte durch Trocknen des Materials sind nicht erkennbar.

## 4 Diskussion der Ergebnisse

Anhand der im vorhergegangenen Abschnitt dargestellten Auswertung und Analyse der Erhebungen folgt im Anschluss die kritische Auseinandersetzung mit den Aufnahmeergebnissen unter Berücksichtigung der formulierten Forschungsfragen. Dies geschieht anhand der angeführten Gesichtspunkte:

- Artenzusammensetzung
- Zusammenhänge und Vergleiche diverser Parameter und Veränderungen im Saisonverlauf
- Unterschiede zwischen den Beobachtungsflächen bezüglich gemähter und nicht gemähter Fläche, sowie den unterschiedlichen Aufnahmestellen

### 4.1 Artenzusammensetzung

Die im Zuge der Aufnahmen zu dieser Arbeit vorgefundenen Arten erreichen bei weiten nicht das bekannte Artenspektrum der Alten Donau:

		Bei Erhebung vorgefunden
<i>Ceratophyllum</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>	x
<i>Chara</i>	<i>Chara aspera</i> <i>Chara contraria</i> <i>Chara fragilis</i> <i>Chara hispida</i> <i>Chara intermedia</i> <i>Chara tomentosa</i> <i>Chara vulgaris</i>	
<i>Elodea</i>	<i>Elodea canadensis</i>	
<i>Hippuris</i>	<i>Hippuris vulgaris</i>	
<i>Iris</i>	<i>Iris pseudacorus</i>	
<i>Myriophyllum</i>	<i>Myriophyllum spicatum</i> <i>Myriophyllum verticillatum</i>	x

<i>Najas</i>	<i>Najas marina</i>	x
<i>Nitellopsis</i>	<i>Nitellopsis obtusa</i>	x
<i>Nymphea</i>	<i>Nymphea alba</i>	
<i>Phragmites</i>	<i>Phragmites australis</i>	
<i>Potamogeton</i>	<i>Potamogeton crispus</i> <i>Potamogeton pectinatus</i>	
<i>Stratiotes</i>	<i>Stratiotes aloides</i>	
<i>Typha</i>	<i>Typha sp.</i>	
<i>Utricularia</i>	<i>Utricularia vulgaris</i>	

Tabelle 5 – Vergleich Artenspektrum Alte Donau – vorgefundene Arten

Die bei der Bestimmung der Pflanzen als *Chara cf. connivens* und *Elodea nuttallii* identifizierten Arten scheinen bisher nicht im Artenspektrum der Alten Donau auf. Eine Änderung der Artenzusammensetzung wurde in der Alten Donau zwar bereits regelmäßig festgestellt (Pall & Plachy, 2020), es liegt daher die Empfehlung nahe, durch weitere Erhebungen festzustellen, ob es sich hierbei tatsächlich um die genannten Arten handelt und weitere Individuen gefunden werden.

Betrachtet man den Verlauf der Artenzusammensetzung über den Erhebungszeitraum, so ist weder eine Kontinuität hinsichtlich der vorkommenden Arten, außer *Myriophyllum spicatum* erkennbar, noch lässt sich eine Beständigkeit der Arten je Entnahmestelle ausmachen. Dies lässt eher darauf schließen, dass das örtliche Ausmaß der Probenentnahmen für eine Aussage hinsichtlich dieses Parameters zu gering gewählt wurde und durch die bewusst gewählte Variabilität der exakten Lage der entnommenen Probe, die nur vereinzelt auftretenden Arten neben *Myriophyllum spicatum* nicht vollständig erfasst wurden.

## 4.2 Zusammenhänge und Vergleiche diverser Parameter

### 4.2.1 Gegenüberstellung Individuenanzahl – Gewicht

In der ersten Stufe soll anhand der Gegenüberstellung der Individuenanzahl und des Gewichts festgestellt werden, ob es einen Zusammenhang der Pflanzenanzahl einer Probe und dem erhobenen Gewicht gibt. Als Annahme gilt, dass bei steigender

Individuenzahl auch das Gewicht der Probe zunimmt. Im Falle dieser Auswertung wurde ausschließlich das Nassgewicht betrachtet, da hier der Fokus vor allem auf die Pflanzenbeschaffenheit zum Zeitpunkt der Entnahme zu legen ist.

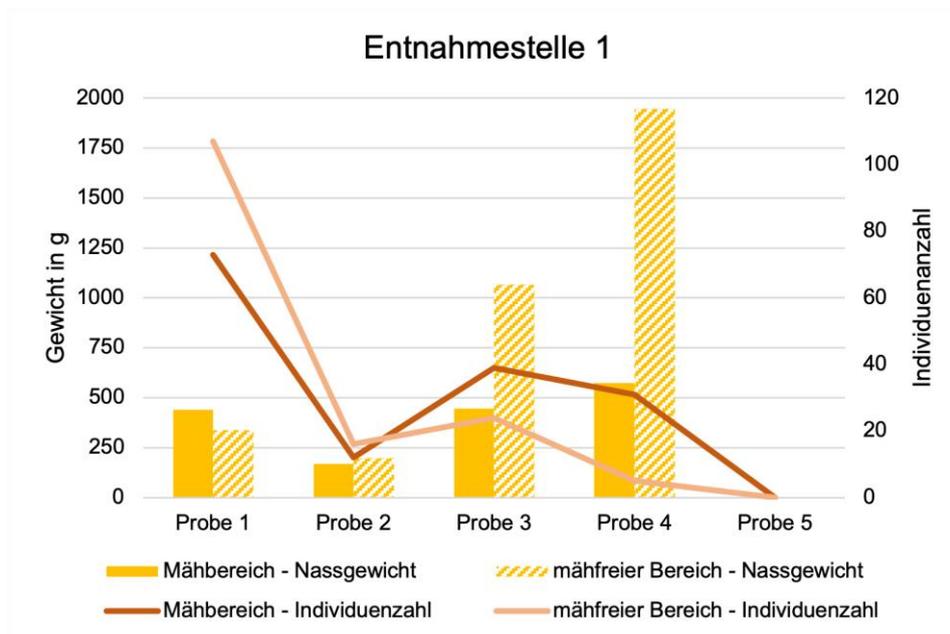


Abbildung 81 – Saisonverlauf Gewicht-Individuenanzahl - Entnahmestelle 1

Der anfänglich hohen Individuenanzahl in beiden Bereichen steht ein verhältnismäßig geringes Gewicht der entnommenen Proben gegenüber. Dieses nimmt zwar bei sinkender Individuenzahl bei der zweiten Entnahme ebenfalls ab, allerdings im Verhältnis nicht so signifikant. Auch zwischen der dritten und vierten Entnahme kann aufgrund einer, dem Sinken der Individuenzahl gegenüberstehende Gewichtszunahme der Proben, keine Abhängigkeit festgestellt werden.

Eine Relation zwischen der Anzahl der entnommenen Pflanzen und deren Gewicht ist bei dieser Entnahmestelle weder im Mähbereich noch in der mährefreien Fläche zu erkennen.

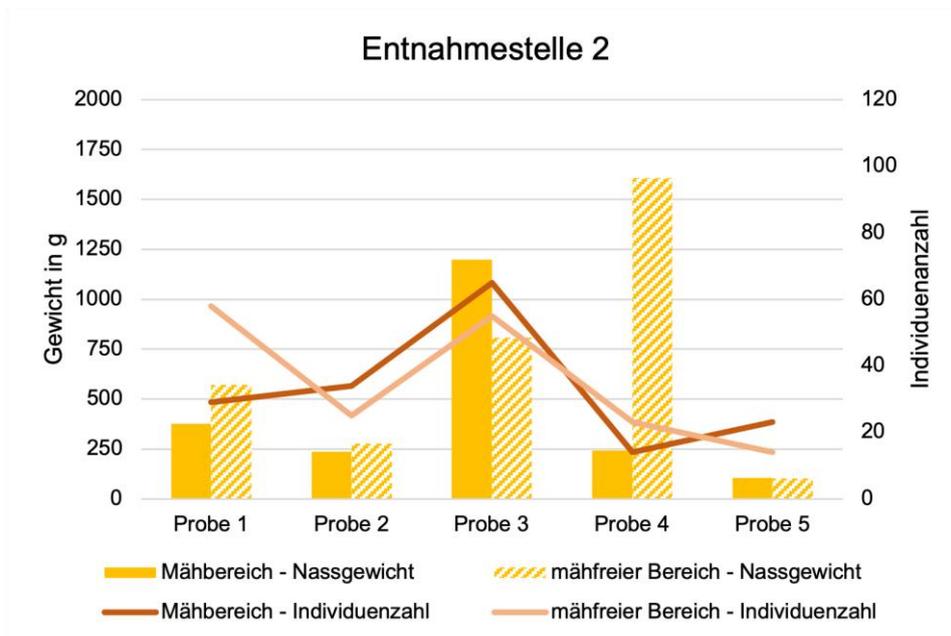


Abbildung 82 – Saisonverlauf Gewicht-Individuenanzahl - Entnahmestelle 2

Mit der rückläufigen Anzahl der entnommenen Pflanzen zwischen der ersten und zweiten Probenentnahme geht auch ein Sinken des Gewichts einher. Selbiges gilt auch für den Anstieg bei der dritten Entnahme, bei der ein korrelierend zunehmendes Gewicht erhoben wurde. Die Daten der vierten Probe zeigen zwar im Mähbereich einen deutlichen Rückgang der Pflanzen gekoppelt mit einem Rückgang des erhobenen Gewichts, jedoch steigt das Gewicht der Probe unverhältnismäßig zum Rückgang der Individuenzahl. Dieser Umstand kehrt sich allerdings bei der letzten Entnahme wieder um.

Zusammenfassend kann bei dieser Entnahmestelle somit eine Korrelation zwischen Änderungen der Individuenanzahl und Änderungen des Gewichts des Pflanzenmaterials ausgemacht werden.

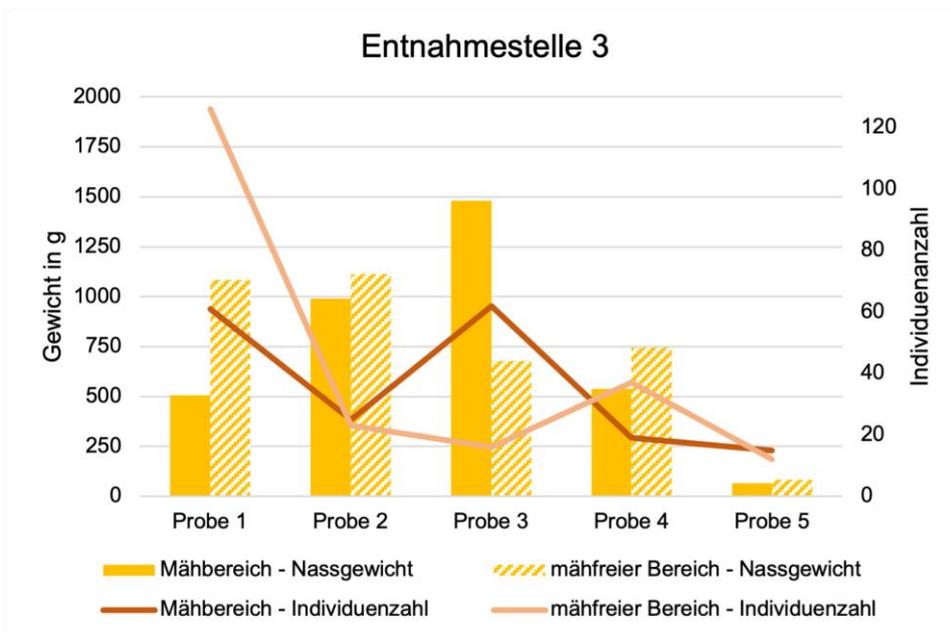


Abbildung 83 – Saisonverlauf Gewicht-Individuenanzahl - Entnahmestelle 3

Während die Proben des Mähbereichs keinen Aufschluss über eine Abhängigkeit des Gewichts zulassen und das Verhältnis zwischen erhobener Anzahl der Pflanzen und Nassgewicht im Saisonverlauf stark schwankt, ist im mähfreien Bereich eine Korrelation zwischen Sinken und Steigen der Individuenanzahl und Zugleichweise Abnahme des Gewichts des Pflanzenmaterials erkennbar.

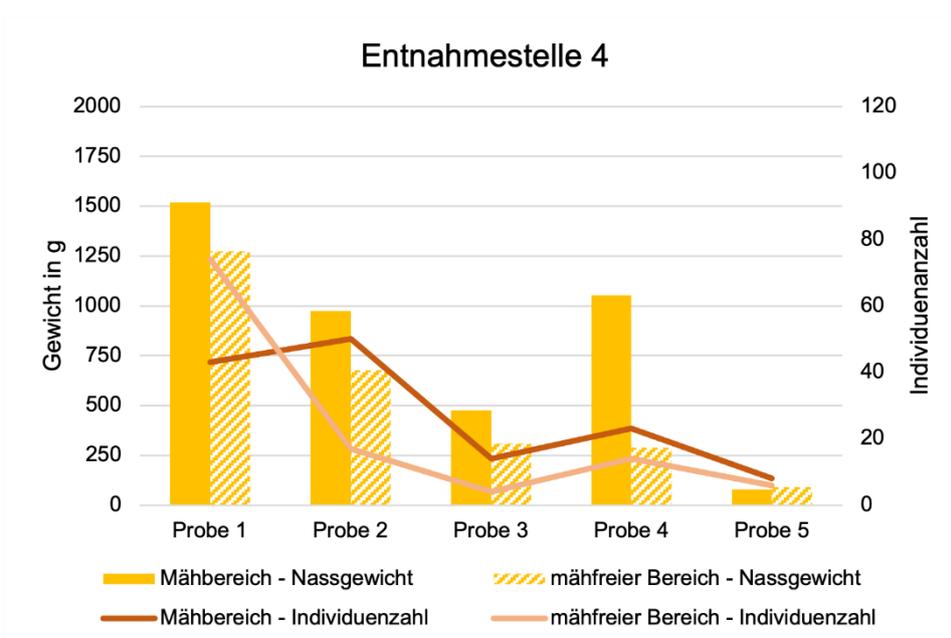


Abbildung 84 – Saisonverlauf Gewicht-Individuenanzahl - Entnahmestelle 4

Im Mähbereich der Entnahmestelle 4 kann beim Vergleich der einzelnen Erhebungen nur ein leichter Trend hinsichtlich der Abhängigkeit der Pflanzenanzahl und des gewogenen Gewichts nur erahnen.

Im mährefreien Bereich lässt sich jedoch ein Zusammenhang erkennen.

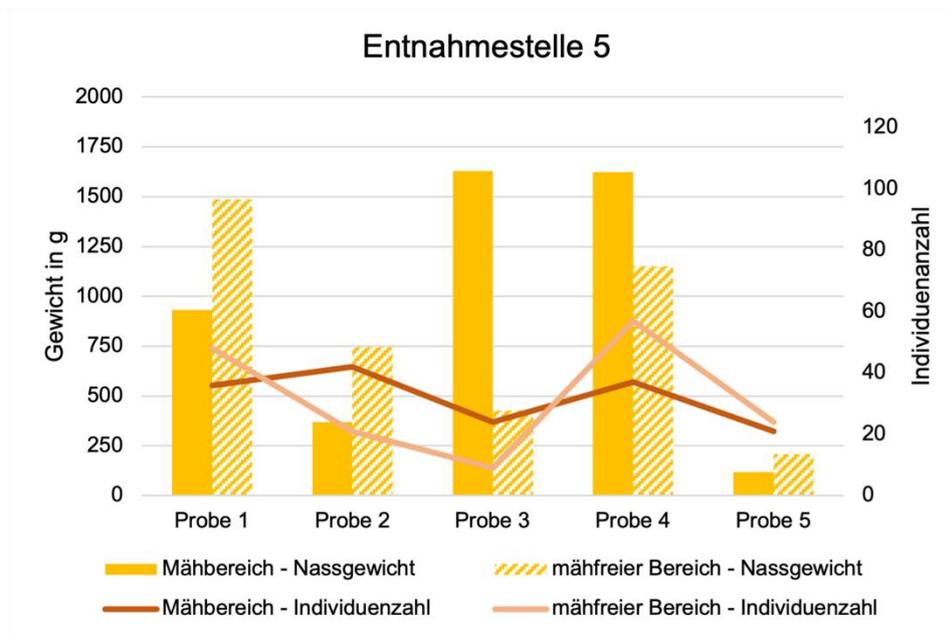


Abbildung 85 – Saisonverlauf Gewicht-Individuenanzahl - Entnahmestelle 5

Über den gesamten Erhebungszeitraum kann im mährefreien Bereich der Entnahmestelle 5 eine Abhängigkeit des erhobenen Gewichts zur entnommenen Pflanzenanzahl festgestellt werden. Auch im Mähbereich wurden, bis auf eine leichte Abweichung bei der zweiten Entnahme, simultane Veränderungen ausgewertet.

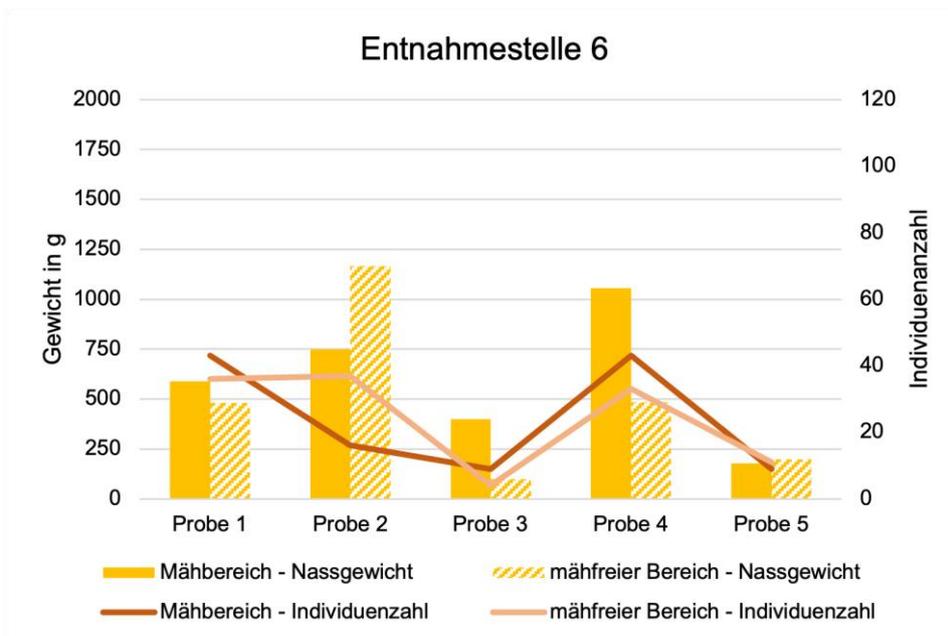


Abbildung 86 – Saisonverlauf Gewicht-Individuenanzahl - Entnahmestelle 6

Mit Ausnahme der zweiten Probe kann mit der Schwankung der Pflanzenanzahl sowohl im Mähbereich, als auch in der mähfreien Fläche auch ein damit korrelierendes Ansteigen beziehungsweise Absinken des Gewichts beobachtet werden.

Eine erwartungsgemäße Abhängigkeit der Individuenanzahl der entnommenen Proben und des erhobenen Gewichts lässt sich bei den Entnahmestellen und Entnahmestelle 3, wobei hier nur im mähfreien Bereich, bei Entnahmestelle 4, sowie Entnahmestelle 6 erkennen. Dass das Gewicht des Pflanzenmaterials auch mit der steigenden Anzahl an Pflanzen zunimmt, kann nur unter Vorsicht behauptet werden. Der Grund dafür ist, dass auch die Beschaffenheit und Ausbildung des Pflanzenmaterials von großer Bedeutung ist. So steigt das Gewicht einer einzelnen Pflanze mit dessen Länge klarerweise entsprechend an. Ob auch eine Abhängigkeit zwischen den Parametern Individuenanzahl, sowie Gewicht und der Vitalität der Pflanzen besteht wird im Folgenden betrachtet. Hier stellt sich die Frage, ob vitale Pflanzen schwerer sind oder der Zustand der Pflanzen Auswirkungen auf den Gewichtsverlust durch das Trocknen hat. Ebenfalls soll beantwortet werden, ob die Vitalität in einer Abhängigkeit zu Gewicht und Individuenanzahl steht.

Eine klare Aussage kann über das Ende der Wachstumsperiode getroffen werden. Dieses liegt offenbar vor dem Zeitpunkt der letzten Probenentnahme, da in jedem der Beobachtungsbereiche sowohl die Individuenanzahl als auch das Gewicht rückläufig sind.

#### 4.2.2 Gegenüberstellung Vitalität – Individuenanzahl & Gewicht

Als weiterer Schritt der Diskussion der Aufnahmeergebnisse folgt eine Gegenüberstellung der Vitalität und der Individuenanzahl beziehungsweise des Gewichts. Dabei soll festgestellt werden, ob sich ein vitaler Zustand der Pflanzen auf die Anzahl und das Gewicht der Pflanzen auswirkt. Da es sich hierbei erneut um eine Analyse der Zusammenhänge zum Zeitpunkt der Probenentnahme handelt, wird ebenso wie zuvor lediglich das Nassgewicht betrachtet.

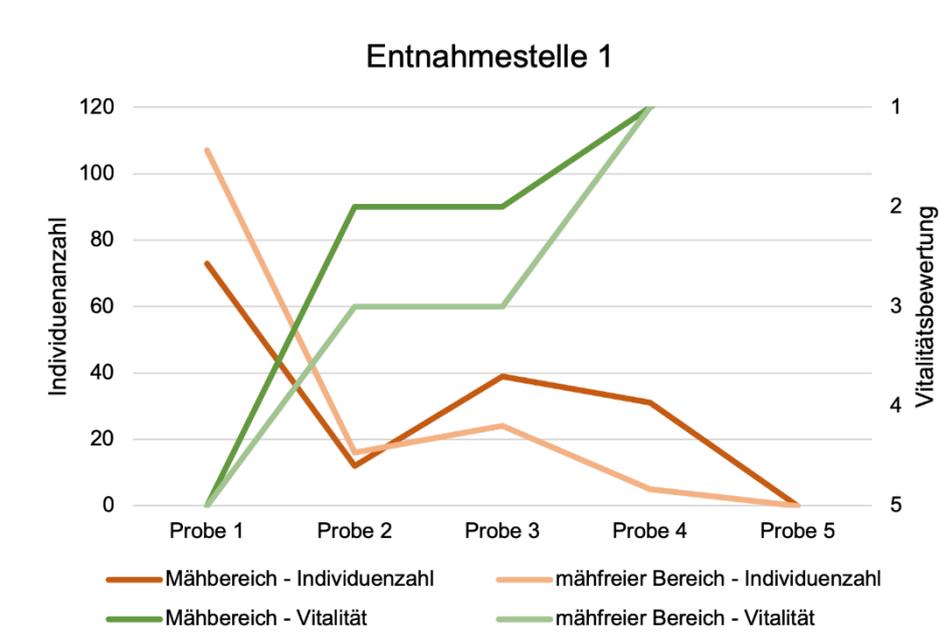


Abbildung 87 – Gegenüberstellung Individuenanzahl-Vitalität - Entnahmestelle 1

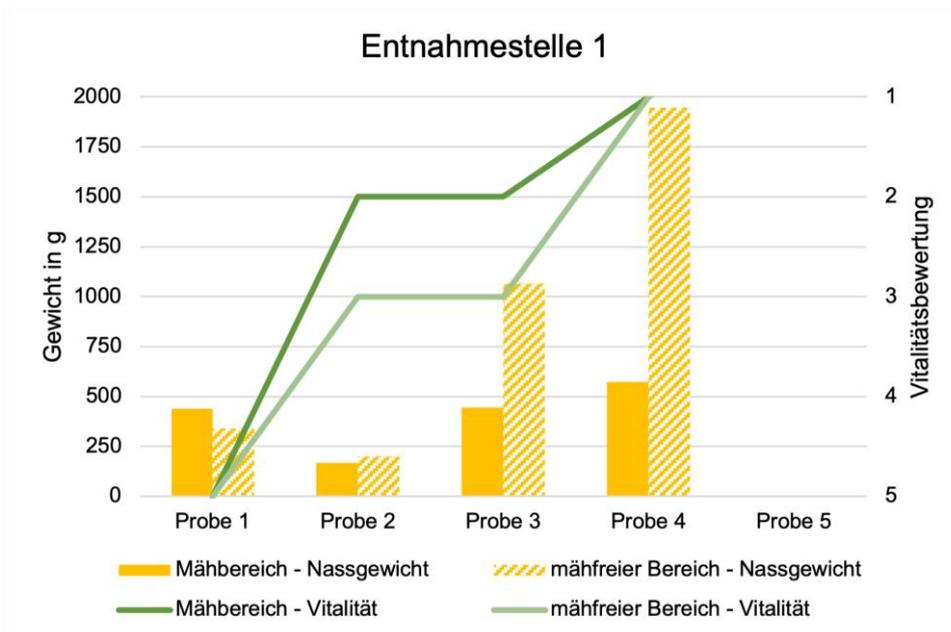


Abbildung 88 – Gegenüberstellung Gewicht-Vitalität - Entnahmestelle 1

Die anfänglich als schlecht bewertete Vitalität bei Entnahmestelle 1 stieg mit zurückgehender Pflanzenzahl und Gewicht bei der zweiten Entnahme. Mit dem anschließenden Ansteigen der Individuenzahl und des Gewichts des Entnahmematerials stagnierte die Vitalität vor einem erneuten Anstieg bei der vierten und somit letzten Probenentnahme dieser Entnahmestelle. So ist zum Ende des Erhebungszeitraumes sowohl das meiste Gewicht, als auch die beste Vitalitätseinstufung bei zurückgegangener Individuenanzahl zu verzeichnen.

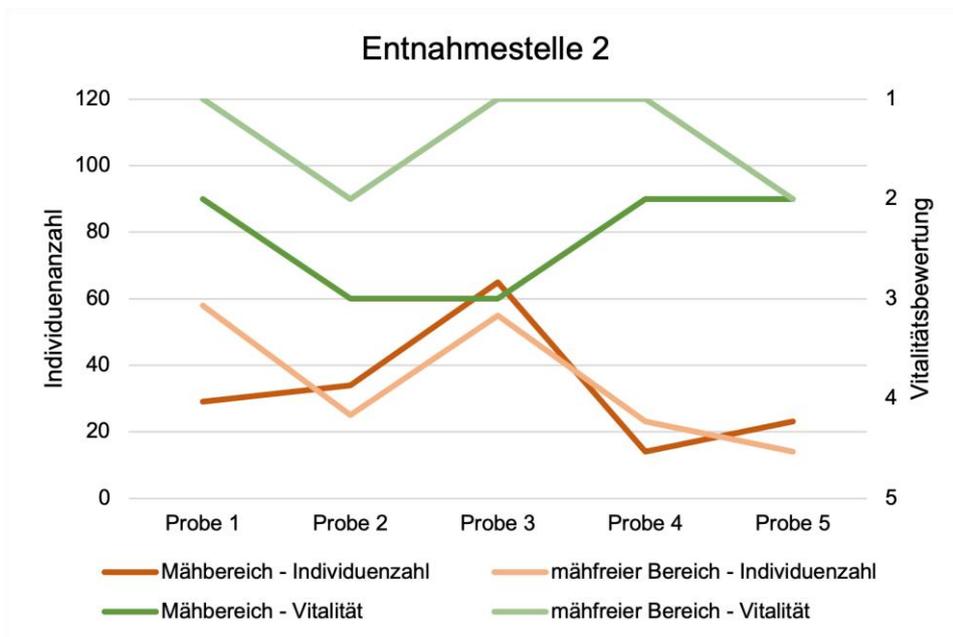


Abbildung 89 – Gegenüberstellung Individuenanzahl-Vitalität - Entnahmestelle 2

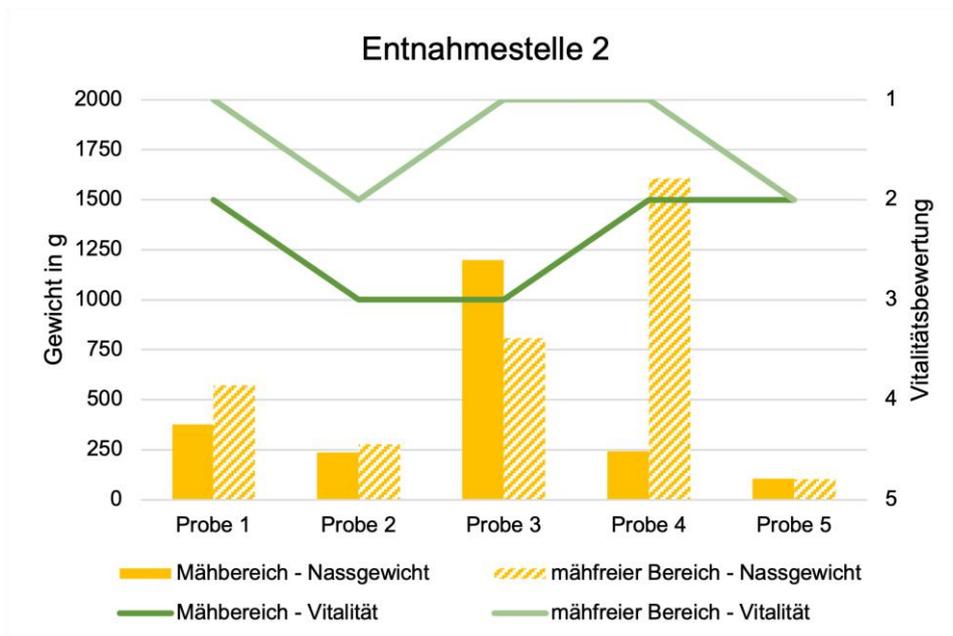


Abbildung 90 – Gegenüberstellung Gewicht-Vitalität - Entnahmestelle 2

Über die Gesamtheit der Aufnahmen der zweiten Entnahmestelle kann bei abnehmender Vitalität auch eine sinkende Individuenzahl und Gewicht festgehalten werden. Einer steigenden Individuenzahl und dem zunehmenden Gewicht der Pflanzen bei der dritten Probe folgt die Verbesserung der Vitalität bei der vierten Probenentnahme.

Alle Werte sinken zum Ende des Erhebungszeitraumes.

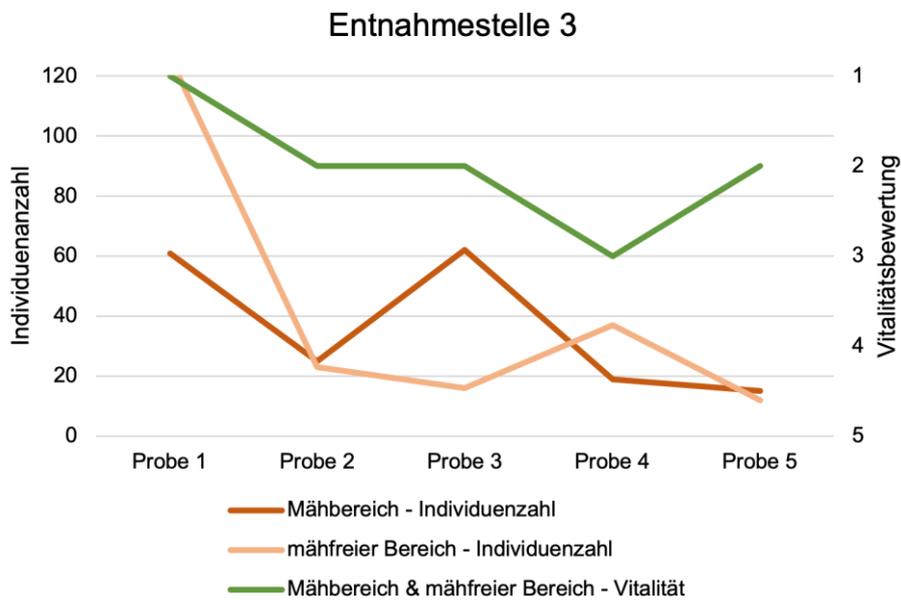


Abbildung 91 – Gegenüberstellung Individuenanzahl-Vitalität - Entnahmestelle 3

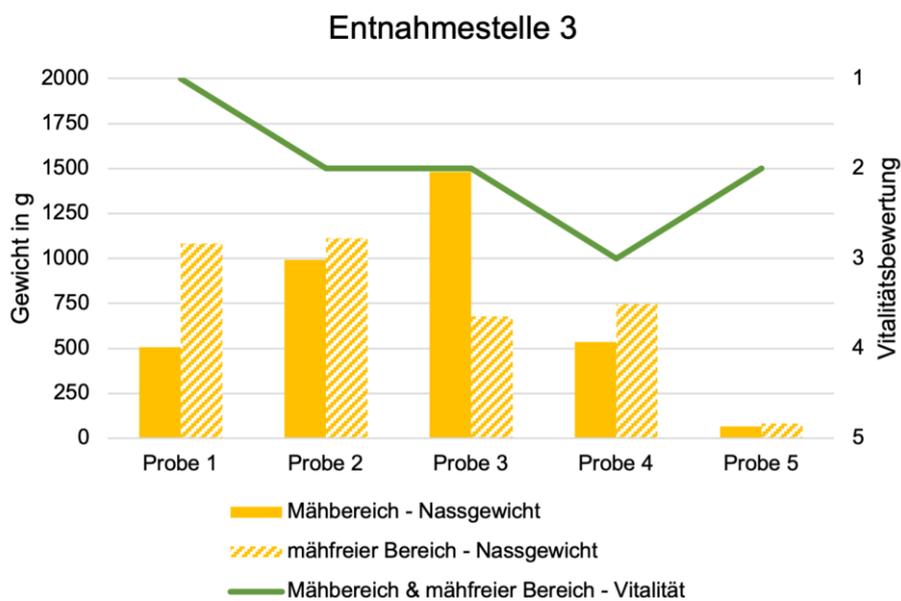


Abbildung 92 – Gegenüberstellung Gewicht-Vitalität - Entnahmestelle 3

Auch bei Entnahmestelle 3 gehen über den Erhebungszeitraum Schwankungen der Pflanzenzahl, sowie des Gewichts im Allgemeinen mit einer korrelierenden Verbesserung beziehungsweise dem Rückgang der Vitalitätseinstufung einher.

Lediglich die letzte Probenentnahme stellt eine Ausnahme dar. Einem Rückgang der Pflanzen und des Gewichts steht eine angestiegene Vitalitätseinstufung gegenüber.

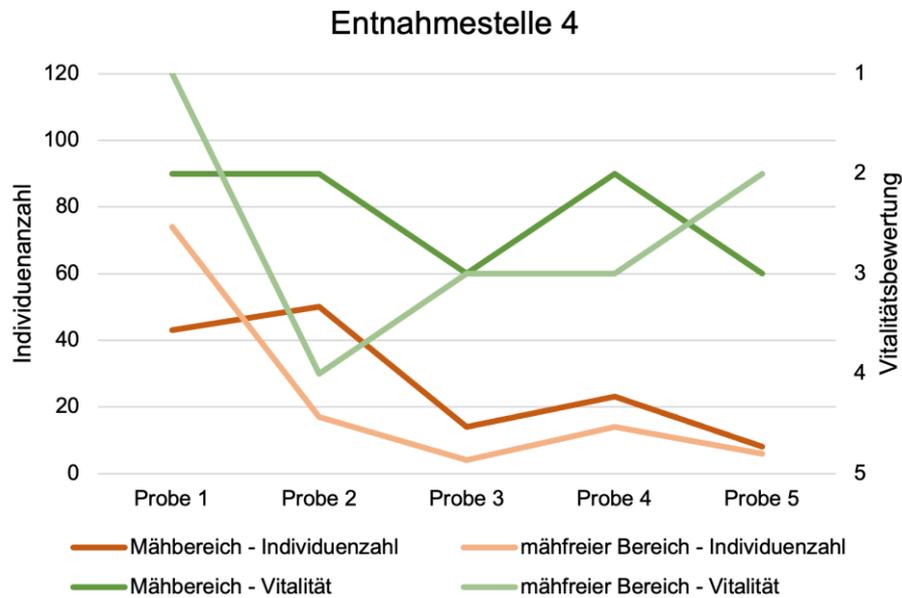


Abbildung 93 – Gegenüberstellung Individuenanzahl-Vitalität - Entnahmestelle 4

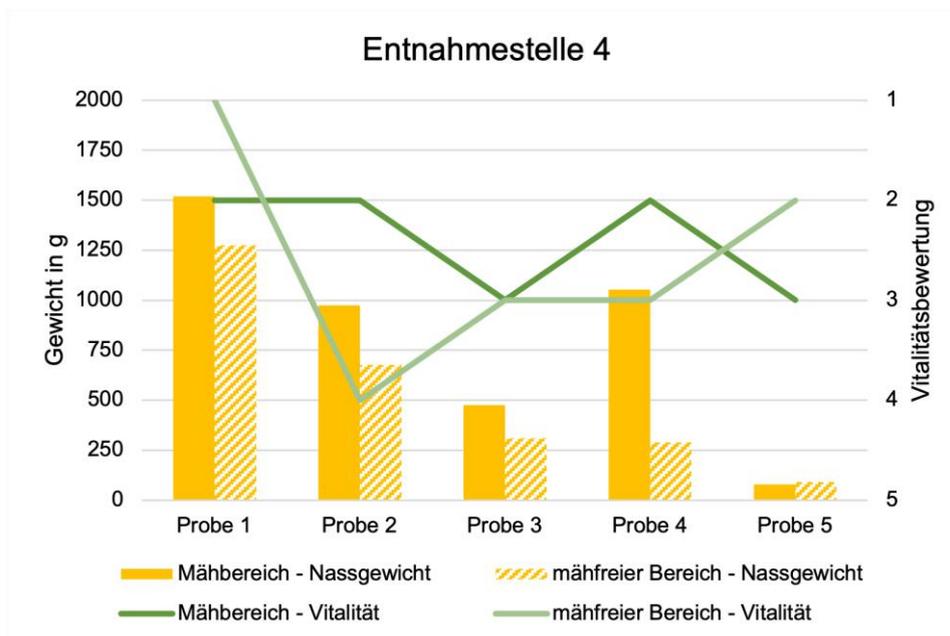


Abbildung 94 – Gegenüberstellung Gewicht-Vitalität - Entnahmestelle 4

Im Mähbereich der vierten Entnahmestelle gehen Veränderungen der Artenzahl mit einer steigenden und sinkenden Vitalitätseinstufung einher. Verschlechtert sich der

Zustand der Pflanzen, kommt es auch bei der Menge an Pflanzen zu einer Rezession. Das Gewicht des entnommenen Pflanzenmaterials folgt diesem Trend ebenso.

Die Werte des mähfreen Bereichs zeigen ähnliche Entwicklungen wie im Mähbereich. Die Ausnahme bildet hier die Vitalitätsbewertung der letzten Probe, da diese trotz der sinkenden Anzahl und des Gewichts des Pflanzenmaterials eine Verbesserung zeigt.

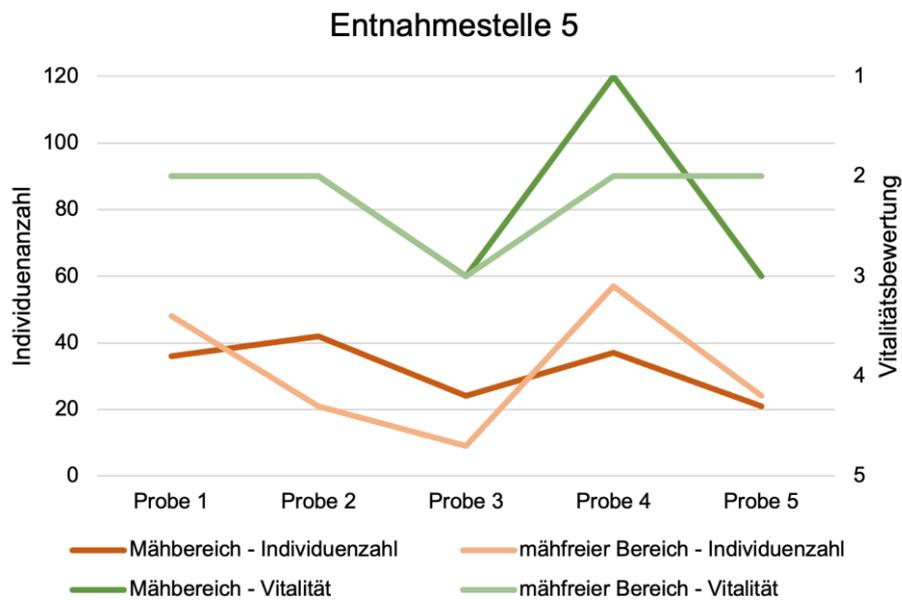


Abbildung 95 – Gegenüberstellung Individuenanzahl-Vitalität - Entnahmestelle 5

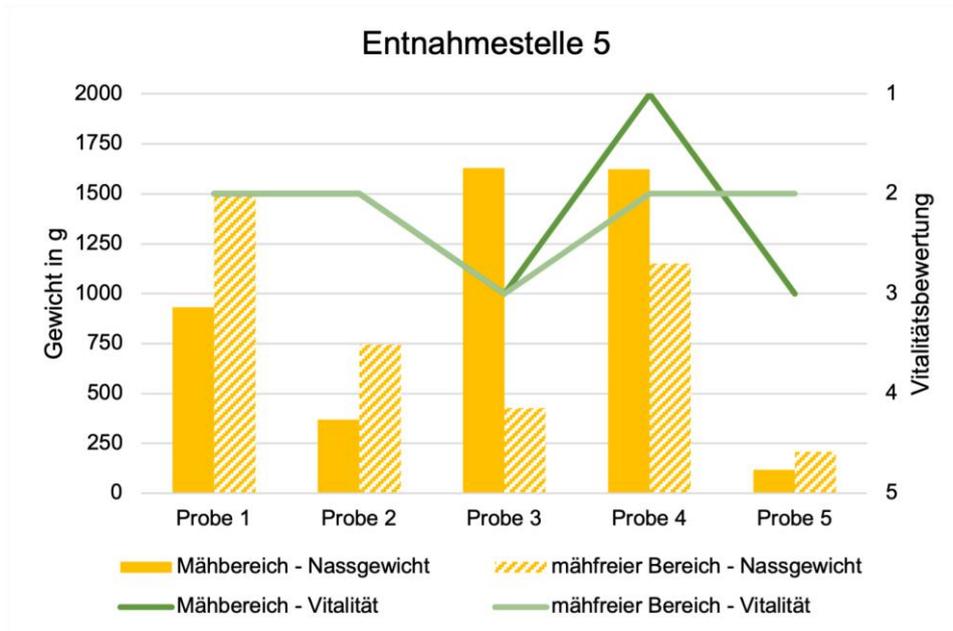


Abbildung 96 – Gegenüberstellung Gewicht-Vitalität - Entnahmestelle 5

Die Werte beider Beobachtungsflächen von Entnahmestelle 5 zeigen über den gesamten Erhebungszeitraum idente Veränderungen der Parameter Vitalität und Individuenanzahl, ein Anstieg oder ein Sinken der Pflanzenmenge geht auch eine verbesserte oder rückläufige Vitalitätsbewertung einher.

Beim Parameter Gewicht lässt sich diese Entwicklung im mähfreien Bereich zwar ansatzweise auch erkennen, im Mähbereich hingegen verlaufen die Veränderungen willkürlich.

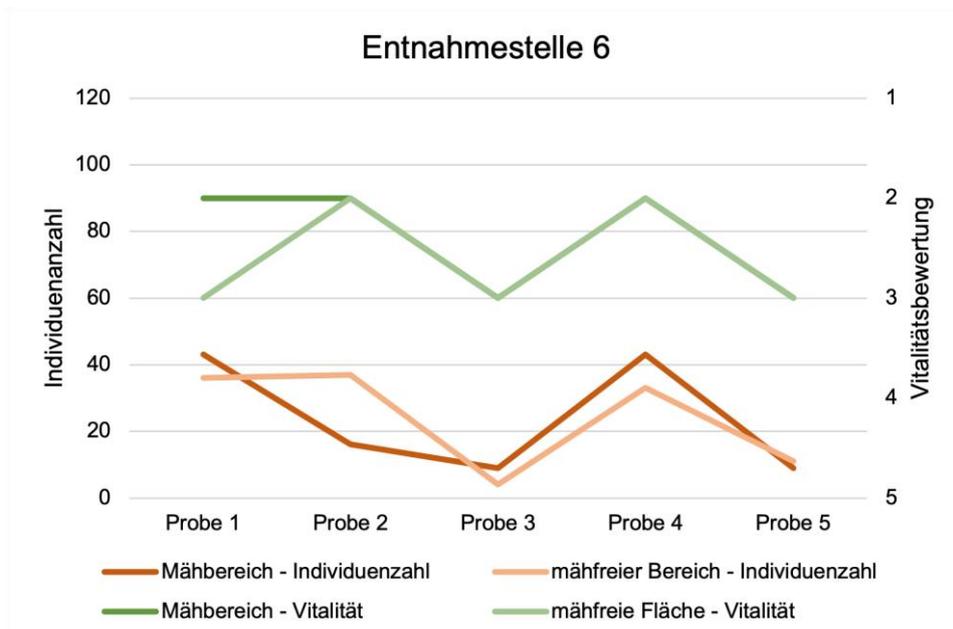


Abbildung 97 – Gegenüberstellung Individuenanzahl-Vitalität - Entnahmestelle 6

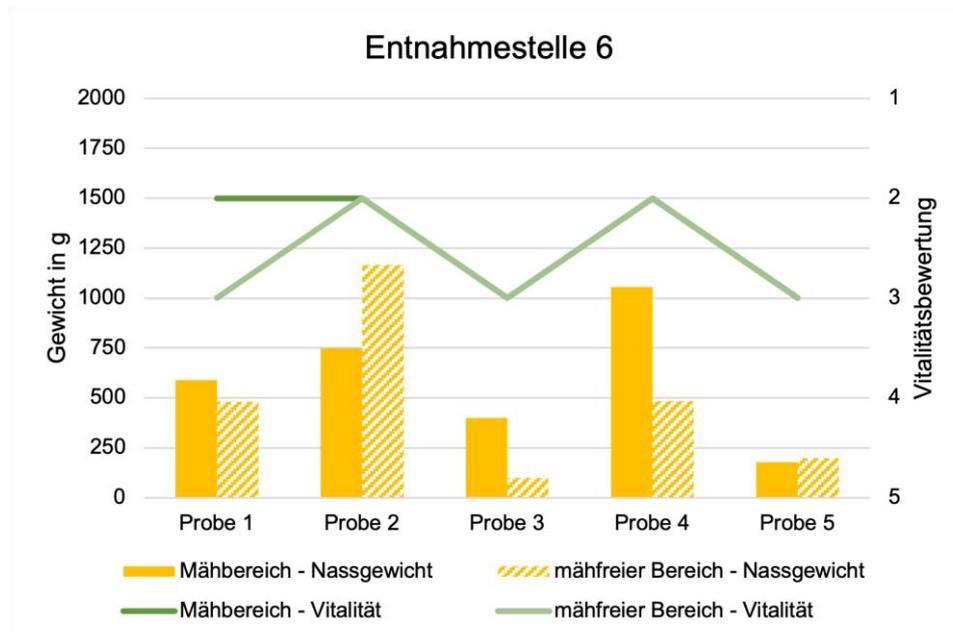


Abbildung 98 – Gegenüberstellung Gewicht-Vitalität - Entnahmestelle 6

Bei Entnahmestelle 6 zeigt sich gleich wie bei den vorangegangenen Auswertungen der übrigen Entnahmestellen, dass mit rückgängiger Pflanzenmenge der entnommenen Proben die Vitalitätseinstufung schlechter ausfällt. Dieser Trend ist auch bei der Gegenüberstellung des Gewichts und der Vitalitätsbewertung erkennbar.

Generell kann anhand der Analyse der dargestellten Ergebnisse festgehalten werden, dass bei steigender Vitalität auch die Anzahl der Individuen einen Aufwärtstrend erkennen lässt. Lediglich Entnahmestelle 1 folgt diesem Schema nicht. Da es hier jedoch auch beim Gewicht im Vergleich zu allen anderen Aufnahmestellen zu gegensätzlichen Ergebnissen kommt, wird Entnahmestelle 1 als Ausnahme eingestuft und bei der Conclusio nicht weiter berücksichtigt.

Anders als bei der Gegenüberstellung von Gewicht und Artenzahl im vorangegangenen Abschnitt, kann bei der Verknüpfung von Gewicht und Vitalität ein Muster erkannt werden. Daraus lässt sich ableiten, dass das Gewicht der Probenentnahme zwar nicht von der Artenzahl abhängig ist, die Vitalität der Pflanzen

jedoch sehr wohl einen Einfluss auf das Nassgewicht hat. So sind steigt bei einem verbesserten Zustand der Pflanzen auch dessen Gewicht.

### 4.2.3 Nähstoffentwicklung

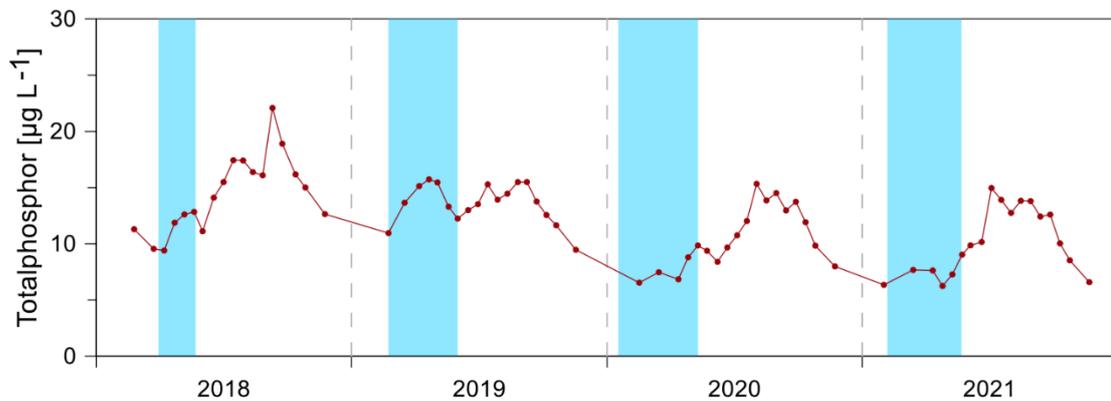


Abbildung 99 – Jahrgang Totalphosphorgehalt 2018-2021

(Donabaum, Kvarda, & Riedler, 2022)

Bei Betrachtung des Totalphosphorgehalts erkennt man einen Anstieg ab Ende Juni. Das ist auch jener Zeitraum, in dem es in vielen Bereichen wie beispielsweise bei Entnahmestelle 2, Entnahmestelle 4, Entnahmestelle 5 und Entnahmestelle 6 nochmals zu einem Anstieg der Individuenanzahl und einer Verbesserung der Vitalität gekommen ist.

Daraus lässt sich schließen, dass ein erhöhter Nährstoffgehalt in den Sommermonaten die Ursache für ein Wachstumshoch in diesem Zeitraum ist. Diese Entwicklung ist auch anhand der entnommenen Mähgutmenge der vergangenen Jahre ersichtlich.

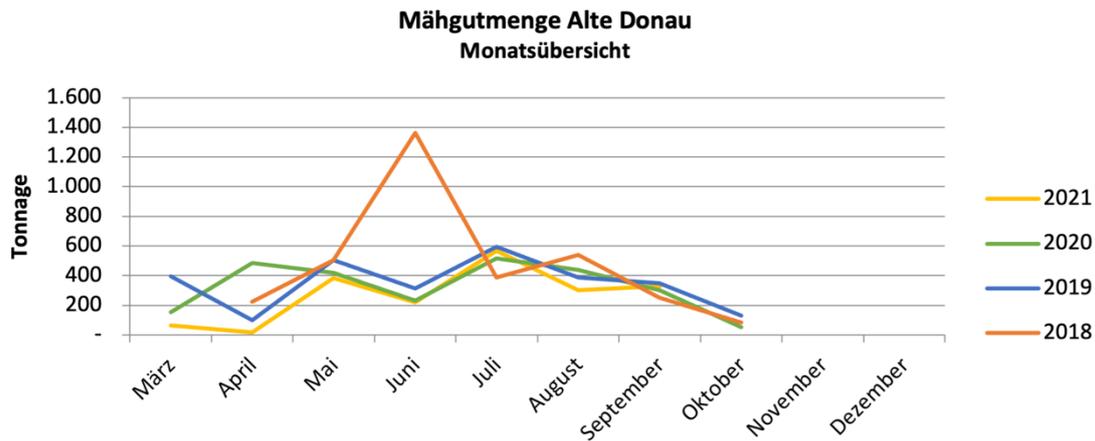


Abbildung 100 – Mähgutmenge 2018-2021

(Groiß, 2021)

### 4.3 Unterschiede zwischen den Beobachtungsflächen

Hinsichtlich einer Gegenüberstellung und der angestellten Vergleiche zwischen den Beobachtungsflächen ist auffällig, dass keine allgemein gültige Aussage über eine bessere Vitalität der Pflanzen in den mährefreien Flächen gezogen werden kann. Hier liegt die Schlussfolgerung daher nahe, dass es durch die generelle gute Wasserqualität der Alten Donau trotz durchgeführter Mäharbeiten weder zu kleinräumigen, noch über das gesamte Gewässer betrachteten negativen Auswirkungen auf das Wachstum und die Entwicklung von Makrophyten kommt.

Unterschiede der einzelnen Entnahmestellen, welche über den gesamten Saisonverlauf erkennbar sind, sind weder hinsichtlich der Parameter Individuenzahl noch Gewicht möglich. Diese Tatsache erlaubt somit auch keine Aussagen über Standortvor- oder Standortnachteile.

Erkennbar sind allerdings Unterschiede des entnommenen Materials hinsichtlich dessen Pflanzenlänge. So sind in tiefen Entnahmestellen klarerweise längere Pflanzen gefunden worden, als an seichten Stellen.

## 5 Fazit und Ausblick

Ziel dieser Arbeit ist es festzustellen, ob die durch die in der Alten Donau durchgeführten Mäharbeiten eine Veränderung des Makrophytenbewuchses, insbesondere der Artenzusammensetzung in der Alten Donau hervorruft.

Die dafür formulierten Forschungsfragen lauten folgendermaßen:

1. Sind saisonale Änderung der Artenzusammensetzung submerser Makrophyten in der Alten Donau zu erkennen?
2. Gibt es örtliche Unterschiede hinsichtlich des Makrophytenwachstums der unterschiedlichen Bereiche der Alten Donau?
3. Inwieweit haben die Mäharbeiten Auswirkungen auf die Artenverteilung, Wasserqualität und daraus resultierend dem Ökosystem der Alten Donau?

Diese lassen sich, wie im kommenden Abschnitt erörtert wird, mit den gewonnenen Ergebnissen allerdings nur teilweise beantworten.

Für eine aussagekräftige Beantwortung der Frage, ob sich die Artenzusammensetzung der Alten Donau in unterschiedlichen Bereichen durch die Mäharbeiten verändert, sind weitere Untersuchungen notwendig.

Wichtig dabei wäre, den Umfang der Erhebungen, entweder in Form der deutlichen Vergrößerung des Rasters der Entnahmen oder die Fläche der einzelnen Entnahmestellen zu erweitern. So kann verhindert werden, dass es sich bei den Entnahmen eher um Stichproben handelt. Zudem wäre ein Untersuchungszeitraum von mehreren Saisonen zu empfehlen.

Auch wenn anhand der durchgeführten Untersuchungen im Zuge dieser Arbeit, keine aussagekräftigen Ergebnisse zu einer saisonalen Veränderung der Artenzusammensetzung gefunden werden konnte, lassen sich die gewonnenen

Erkenntnisse folgendermaßen zusammenfassen und somit die beiden übrigen Forschungsfragen beantworten:

- Die Mäharbeiten haben keinen Einfluss auf die Vitalität der Pflanzen, sofern die Mäharbeiten in dem Ausmaß wie im Beobachtungszeitraum durchgeführt werden. Das bedeutet, dass sofern der Bestand der Pflanzen in ausreichender Größe bestehen bleibt, die Mäharbeiten keinen schädigenden Einfluss auf den Makrophytenbestand der Alten Donau haben. Zu erwähnen ist der als kritisch geltende Wert von 60% Bestandsdichte. Die Erfahrungswerte der vergangenen Jahre zeigen, dass ab diesem Wert die Anzahl und das Wachstum der Makrophyten nicht mehr ausreichend ist, um den Bestand stabil zu halten, wenn die Intensität der Mäharbeiten nicht reduziert werden. Dieser sollte unbedingt auch in Zukunft berücksichtigt werden.
- Die Pflanzenvitalität der Alten Donau kann über die gesamte Aufnahmeperiode als gut betrachtet werden. Auch die gute Wasserqualität spielt dabei eine große Rolle.
- Bei besserer Vitalität werden auch mehr Pflanzen ausgebildet.
- Das Pflanzenwachstum verzeichnet im Allgemeinen nach einer Rezession gegen Mitte der Saison nochmals einen Aufschwung. Dies lässt sich auf eine erhöhte Nährstoffkonzentration in diesem Zeitraum zurückführen.
- Bei erhöhter Nährstoffkonzentration nimmt auch die Pflanzenmenge und die Vitalität zu.

Resümierend können sämtliche Maßnahmen betreffend des Makrophytenmanagements in der Alten Donau in ihrer jetzigen Form als nicht schädlich für die Alte Donau angesehen werden. Ob sie jedoch einen Mehrwert durch Erhöhung der Artenvielfalt leisten, muss weiterhin beobachtet werden.

## 6 Literaturverzeichnis

- Brönmark, C., & Hansson, L.-A. (2005). *The Biology of Lakes and Ponds*. New York: Oxford University Press.
- Caffrey, J. M., Barrett, P. R., Murphy, K. J., & Wade, P. M. (1996). *Management and Ecology of Freshwater Plants*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Dokulil, M. T., Donabaum, K., & Teubner, K. (2018). *The Alte Donau: Successful Restoration and Sustainable Management*. Wien: Springer International Publishing AG.
- Donabaum, K., & Pall, K. (Oktober 2022). *Alte Donau - Zusammenfassung und Auflistung aller Maßnahmen zur Sanierung und Restaurierung sowie zum Gewässer- und Makrophytenmanagement*. Wien: nicht veröffentlicht.
- Donabaum, K., Kvarda, M., & Riedler, P. (2022). *Alte Donau - Allgemeiner Gewässerzustand - Chemie*. Stadt Wien - Wiener Gewässer. Wien: nicht veröffentlicht.
- Groiß, L. (2020). *Konzept Makrophytenmanagement 2021*. Stadt Wien - Wiener Gewässer. Wien: nicht veröffentlicht.
- Groiß, L. (2021). *Resmüsee Makrophytenmanagement 2021*. Stadt Wien - Wiener Gewässer. Wien: nicht veröffentlicht.
- Hayes, D., Greimel, F., & Schmutz, S. (2022). *Human impacts in riverine landscapes*. Department of Water, Atmosphere and Environment - Institute of Hydrobiology and Aquatic Ecosystem Management, Wien.
- Löffler, H. (1988). *Limnologische Projektstudie - Ökosystem Alte Donau* (Bd. Endbericht). (I. A. Wasserstraßendirektion, Hrsg.) Wien.
- Melzer, A. (1985). *Naturwissenschaften*, S. 456-460.
- Moser, V. (2001). *Untersuchung der Makrophytenstrukturen und ihre Habitatnutzung durch Fischbiozönosen an der Alten Donau mittels "Air-Lift"- und Netzbefischungen unter besonderer Berücksichtigung der Wiederbesiedelung einer fischfreien Versuchszone*. Wien: Diplomarbeit.
- Moss, B. (2017). *Ecology of Freshwaters - Earth's Bloodstream*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Pall, K. (2017). *Mähmanagement Tiefenkarte Alte Donau*. Stadt Wien - Wiener Gewässer. Wien: nicht veröffentlicht.
- Pall, K. (2022). *Sedimentmächtigkeit oberhalb Birnersteig*. Wien: nicht veröffentlicht.
- Pall, K., & Plachy, B. (2020). *Gewässermanagement Alte Donau, Limnologische Untersuchung - Zustandsanalyse 2019, Bericht Makrophyten*. Magistratsabteilung 45. Wien: nicht veröffentlicht.
- Pall, K., & Plachy, B. (2022). *Characeenpflanzungen im Rechten Arm der Unteren Alten Donau*. Stadt Wien - Wiener Gewässer. Wien: nicht veröffentlicht.
- Pall, K., Plachy, B., & Pall, S. (2017). *Characeenpflanzungen in der UAD, Rechter Arm*. Stadt Wien - Wiener Gewässer. Wien: nicht veröffentlicht.

- Pall, K., Plachy, B., Reisenbichler, H., Habersetzer, L., & Pall, S. (2022). *Alte Donau 2021 - Modul Makrophyten*. Stadt Wien - Wiener Gewässer. Wien: nicht veröffentlicht.
- Riedler, P., & Donabaum, K. (2017). *Untersuchung des Sediments nordwestlich des Birnersteigs*. Stadt Wien - Wiener Gewässer. Wien: nicht veröffentlicht.
- Schratt-Ehrendorfer, L. (1999). Geobotanisch-ökologische Untersuchungen zum Indikatorwert von Wasserpflanzen und ihren Gesellschaften in Donaualtwässern bei Wien. In D. Rotter, & L. Schratt-Ehrendorfer, *Geobotanik und Ökologie der Donaualtwässer bei Wien (Wasser- und Verlandungsvegetation)* (S. 23-163). Linz: Stapfia 64.
- Stadt Wien - Wiener Gewässer. (2021). Wien: nicht veröffentlicht.
- Stadt Wien - Wiener Gewässer. (2023). Wien: nicht veröffentlicht.
- Stadt Wien - Wiener Gewässer. (2023). Hydrologische Aufnahmen. Wien: nicht veröffentlicht.
- Stadt Wien. (1994).
- Stadt Wien. (1995).
- Tundisi, J., & Matsumura-Tundisi, T. (2012). *Limnology*. London: CRC Press/Balkema.
- van de Weyer, K., Schmidt, C., Kreimeier, B., & Wassong, D. (2018). *Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland* (Bd. Band 2: Abbildungen). (U. u. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Hrsg.) Potsdam: Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg.
- van de Weyer, K., Schmidt, C., Kreimeier, B., & Wassong, D. (2018). *Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland* (Bd. Band 1: Bestimmungsschlüssel). (U. u. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Hrsg.) Potsdam, Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg.
- Vermaat, J. E., & Hootsmans, M. J. (1991). *Macrophytes, a key to understanding changes caused by eutrophication in shallow freshwater ecosystems*. Delft: International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering.
- Wiegand, G. (Jänner 1991). Die Lebens- und Wuchsformen der makrophytischen Wasserpflanzen und deren Beziehungen zur Ökologie, Verbreitung und Vergesellschaftung der Arten. *Tuexenia*, S. 135-147.
- Zentrum für Umweltgeschichte. (2019). *Wasser Stadt Wien*. (U. f. Zentrum für Umweltgeschichte, Hrsg.) Wien.

## 7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Artenzusammensetzung submerser Makrophyten in der Alten Donau von 1986-1987 .....	28
Tabelle 2 – gepflanzte Arten .....	34
Tabelle 3 – vorgefundene Arten .....	44
Tabelle 4 – Bewertungsschlüssel der Vitalität .....	59
Tabelle 5 – Vergleich Artenspektrum Alte Donau – vorgefundene Arten .....	79

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Übersichtskarte Alte Donau.....	15
Abbildung 2 – Schema der Donauregulierung von 1870-1875.....	17
Abbildung 3 – Flusslauf der Donau (1780).....	17
Abbildung 4 – Flusslauf der Donau (1875).....	17
Abbildung 5 – Flusslauf der Donau (2010).....	17
Abbildung 6 – Karte Wassertiefen Alte Donau .....	19
Abbildung 7 – Jahresgang Wasser- und Lufttemperatur 2009-2023 .....	21
Abbildung 8 – Jahresgang Wasser- und Lufttemperatur 2021 .....	21
Abbildung 9 – Langzeitwerte Sichttiefe, Chlorophyll-a und Totalphosphor 2002-2021 .....	22
Abbildung 10 – Maßnahmen zur Belüftung der Alten Donau, 1994 .....	26
Abbildung 11 – Eisen-Chlorid-Behandlung, 1995.....	26
Abbildung 12 – Langzeitentwicklung Trophie .....	27
Abbildung 13 – Langzeitentwicklung der Makrophytenbiomasse in der Alten Donau .....	31
Abbildung 14 – Übersicht Entnahmestellen Obere Alte Donau .....	36
Abbildung 15 – Übersicht Entnahmestellen Untere Alte Donau .....	37
Abbildung 16 – verwendetes Kartierungsmaterial .....	40
Abbildung 17 – Artenverteilung Entnahmestelle 1 - Mähbereich.....	46
Abbildung 18 – Artenverteilung Entnahmestelle 1 – mähfreie Fläche .....	47
Abbildung 19 – Veränderung der Individuenanzahl bei Entnahmestelle 1 .....	47
Abbildung 20 – Artenverteilung Entnahmestelle 2 - Mähbereich.....	48
Abbildung 21 – Artenverteilung Entnahmestelle 2 – mähfreie Fläche .....	48
Abbildung 22 – Veränderung der Individuenanzahl bei Entnahmestelle 2 .....	49
Abbildung 23 – Artenverteilung Entnahmestelle 3 - Mähbereich.....	50
Abbildung 24 – Artenverteilung Entnahmestelle 3 – mähfreie Fläche .....	50
Abbildung 25 – Veränderung der Individuenanzahl bei Entnahmestelle 3 .....	51
Abbildung 26 – Artenverteilung Entnahmestelle 4 - Mähbereich.....	52
Abbildung 27 – Artenverteilung Entnahmestelle 4 – mähfreie Fläche .....	52
Abbildung 28 – Veränderung der Individuenanzahl bei Entnahmestelle 4 .....	53
Abbildung 29 – Artenverteilung Entnahmestelle 5 - Mähbereich.....	54
Abbildung 30 – Artenverteilung Entnahmestelle 5 – mähfreie Fläche .....	54
Abbildung 31 – Veränderung der Individuenanzahl bei Entnahmestelle 5 .....	55

Abbildung 32 – Artenverteilung Entnahmestelle 6 - Mähbereich.....	56
Abbildung 33 – Artenverteilung Entnahmestelle 6 – mähfreie Fläche .....	56
Abbildung 34 – Veränderung der Individuenanzahl bei Entnahmestelle 6 .....	57
Abbildung 35 – Artenverteilung nach Probenentnahmen .....	58
Abbildung 36 – Vitalitätsentwicklung Entnahmestelle 1.....	60
Abbildung 37 - Probe 1 – mähfreier Bereich .....	61
Abbildung 38 - Probe 2 – Mähbereich .....	61
Abbildung 39 - Probe 3 – mähfreier Bereich .....	61
Abbildung 40 Probe 4 - Mähbereich.....	61
Abbildung 41 - Probe 4 – mähfreier Bereich .....	61
Abbildung 42 – Vitalitätsentwicklung Entnahmestelle 2.....	62
Abbildung 43 – Probe 1 - Mähbereich .....	63
Abbildung 44 - Probe 1 – mähfreier Bereich .....	63
Abbildung 45 - Probe 2 – mähfreier Bereich .....	63
Abbildung 46 - Probe 3 – mähfreier Bereich .....	63
Abbildung 47 - Probe 4 – mähfreier Bereich .....	64
Abbildung 48 - Probe 5 – Mähbereich .....	64
Abbildung 49 – Vitalitätsentwicklung Entnahmestelle 3.....	64
Abbildung 50 - Probe 1 – mähfreier Bereich .....	65
Abbildung 51 – Probe 2 - Mähbereich .....	65
Abbildung 52 - Probe 3 – mähfreier Bereich .....	65
Abbildung 53 – Mähbereich.....	65
Abbildung 54 – Probe 4 – mähfreier Bereich.....	66
Abbildung 55 – Probe 5 – mähfreier Bereich.....	66
Abbildung 56 – Vitalitätsentwicklung Entnahmestelle 4.....	66
Abbildung 57 – Probe 1 - Mähbereich .....	67
Abbildung 58 - Probe 1 – mähfreie Fläche .....	67
Abbildung 59 – Probe 2 - Mähbereich .....	68
Abbildung 60 – Probe 2 – mähfreier Bereich.....	68
Abbildung 61 – Probe 3 – mähfreier Bereich.....	68
Abbildung 62 – Probe 4 – Mähbereich .....	68
Abbildung 63 – Probe 5 – mähfreier Bereich.....	68
Abbildung 64 – Vitalitätsentwicklung Entnahmestelle 5.....	69
Abbildung 65 – Probe 1 - Mähbereich .....	70
Abbildung 66 – Probe 2 – Mähbereich .....	70

Abbildung 67 – Probe 3 – mähfreier Bereich.....	70
Abbildung 68 – Probe 4 – Mähbereich .....	70
Abbildung 69 – Probe 5 – mähfreier Bereich.....	70
Abbildung 70 – Vitalitätsentwicklung Entnahmestelle 6.....	71
Abbildung 71 – Probe 2 - Mähbereich .....	72
Abbildung 72 – Probe 3 - Mähbereich .....	72
Abbildung 73 – Probe 4 - Mähbereich .....	72
Abbildung 74 – Probe 5 – mähfreier Bereich.....	72
Abbildung 75 – Nass- und Trockengewicht Entnahmestelle 1 .....	73
Abbildung 76 – Nass- und Trockengewicht Entnahmestelle 2 .....	74
Abbildung 77 – Nass- und Trockengewicht Entnahmestelle 3 .....	75
Abbildung 78 – Nass- und Trockengewicht Entnahmestelle 4 .....	76
Abbildung 79 – Nass- und Trockengewicht Entnahmestelle 5 .....	76
Abbildung 80 – Nass- und Trockengewicht Entnahmestelle 6 .....	77
Abbildung 81 – Saisonverlauf Gewicht-Individuenanzahl - Entnahmestelle 1 .....	80
Abbildung 82 – Saisonverlauf Gewicht-Individuenanzahl - Entnahmestelle 2 .....	81
Abbildung 83 – Saisonverlauf Gewicht-Individuenanzahl - Entnahmestelle 3 .....	82
Abbildung 84 – Saisonverlauf Gewicht-Individuenanzahl - Entnahmestelle 4 .....	82
Abbildung 85 – Saisonverlauf Gewicht-Individuenanzahl - Entnahmestelle 5 .....	83
Abbildung 86 – Saisonverlauf Gewicht-Individuenanzahl - Entnahmestelle 6 .....	84
Abbildung 87 – Gegenüberstellung Individuenanzahl-Vitalität - Entnahmestelle 1... 85	85
Abbildung 88 – Gegenüberstellung Gewicht-Vitalität - Entnahmestelle 1.....	86
Abbildung 89 – Gegenüberstellung Individuenanzahl-Vitalität - Entnahmestelle 2... 87	87
Abbildung 90 – Gegenüberstellung Gewicht-Vitalität - Entnahmestelle 2.....	87
Abbildung 91 – Gegenüberstellung Individuenanzahl-Vitalität - Entnahmestelle 3... 88	88
Abbildung 92 – Gegenüberstellung Gewicht-Vitalität - Entnahmestelle 3.....	88
Abbildung 93 – Gegenüberstellung Individuenanzahl-Vitalität - Entnahmestelle 4... 89	89
Abbildung 94 – Gegenüberstellung Gewicht-Vitalität - Entnahmestelle 4.....	89
Abbildung 95 – Gegenüberstellung Individuenanzahl-Vitalität - Entnahmestelle 5... 90	90
Abbildung 96 – Gegenüberstellung Gewicht-Vitalität - Entnahmestelle 5.....	91
Abbildung 97 – Gegenüberstellung Individuenanzahl-Vitalität - Entnahmestelle 6... 92	92
Abbildung 98 – Gegenüberstellung Gewicht-Vitalität - Entnahmestelle 6.....	92
Abbildung 99 – Jahresgang Totalphosphorgehalt 2018-2021 .....	93
Abbildung 100 – Mähgutmenge 2018-2021 .....	94

# Anhang A: Aufnahmeprotokoll

Allgemein

Aufnahmedatum: \_\_\_\_\_

Probe Nr.: \_\_\_\_\_

## Mähbereich

Nassgewicht	g
Trockengewicht	g

Anmerkungen

Vitalität	
-----------	--

Artenzusammensetzung	Anzahl

---

---

## Schonzone (Z)

Nassgewicht	g
Trockengewicht	g

Anmerkungen

Vitalität	
-----------	--

Artenzusammensetzung	Anzahl

---

---

sonstige Anmerkungen:

# Anhang B: Aufnahmeergebnisse

E1

Aufnahmedatum: 31.05.2021

ProbeNr.: 1

## Mähbereich

Nassgewicht	440 g
Trockengewicht	125 g

Anmerkungen
stark veralgt, intensiver Geruch, Fäulnis erkennbar wenig Verästelung Pflanzen zerfallen beim Angreifen geringes Volumen (faulig)

Vitalität	5
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	73

---

---

## Schonzone (Z)

Nassgewicht	339 g
Trockengewicht	131 g

Anmerkungen
stark veralgt, intensiver Geruch, Fäulnis erkennbar wenig Verästelung Pflanzen zerfallen beim angreifen

Vitalität	5
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	107

---

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	377 g
Trockengewicht	38 g

Anmerkungen
vermehrt Verästelung
rote Säengel erkennbar
großen Pflanzenvolumen
Lange Pflanzenstängel

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	29

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	570 g
Trockengewicht	78 g

Anmerkungen
einzelne Blütenstände
satte Färbung
Verästelungen

Vitalität	1
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	58

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	507 g
Trockengewicht	92 g

<b>Anmerkungen</b>
einzelne Blütenstände vorhanden Pflanzen teils > 150 cm lang auch kurze Pflanzen vorhanden deutliche Rotfärbung der Stängel

Vitalität	1
-----------	---

<b>Artenzusammensetzung</b>	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	61

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	1084 g
Trockengewicht	292 g

<b>Anmerkungen</b>
einzelne Blütenstände vorhanden Pflanzen teils >150cm lang auch kurze Pflanzen vorhandend deutliche Rotfärbung

Vitalität	1
-----------	---

<b>Artenzusammensetzung</b>	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	126

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	1519 g
Trockengewicht	241 g

Anmerkungen
sehr lange Triebe, bis ca. 170cm Länge keine Blüten

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	43

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	1274 g
Trockengewicht	342 g

Anmerkungen
sehr lange Triebe, bis ca. 230cm einzelne Blüten vorhanden

Vitalität	1
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	74

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	933 g
Trockengewicht	118 g

Anmerkungen
satte Färbung

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	13
<i>Chara cf. connivens</i>	11
<i>Elodea nuttallii</i>	12

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	1485 g
Trockengewicht	117 g

Anmerkungen
einzelne Blüten

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	48

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	589 g
Trockengewicht	115 g

Anmerkungen
keine/kaum Veralgung, einzelne Blüten

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	43

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	482 g
Trockengewicht	97 g

Anmerkungen
keine/kaum Veralgung

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	36

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	169 g
Trockengewicht	23 g

Anmerkungen
leichte Veralgung der Pflanzen

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	12

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	199 g
Trockengewicht	36 g

Anmerkungen
leichte Veralgung der Pflanzen

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	16

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	236 g
Trockengewicht	18 g

Anmerkungen
leichte Veralgung

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	34

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	278 g
Trockengewicht	37 g

Anmerkungen
leichte Veralgung der Pflanzen
neue Triebe

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	25

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	991 g
Trockengewicht	102 g

Anmerkungen
Satte Färbung

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	25

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	1112 g
Trockengewicht	218 g

Anmerkungen
Satte Färbung
lange Stängel

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	23

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	973 g
Trockengewicht	132 g

Anmerkungen
neue Triebe

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	50

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	675 g
Trockengewicht	121 g

Anmerkungen
Veralgung erkennbar

Vitalität	4
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	13
<i>Nitellopsis obtusa</i>	4

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	370 g
Trockengewicht	36 g

Anmerkungen
leichte Veralgung der Pflanzen lange Triebe

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	42

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	745 g
Trockengewicht	64 g

Anmerkungen
leichte Veralgung satte Färbung

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	21

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	748 g
Trockengewicht	71 g

Anmerkungen
sehr lange Pflanzen

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	16

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	1167 g
Trockengewicht	155 g

Anmerkungen
sehr lange Pflanzen

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	37

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	445 g
Trockengewicht	55 g

Anmerkungen
dichte Pflanzen

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	37
<i>Najas marina</i>	2

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	1067 g
Trockengewicht	118 g

Anmerkungen
teils Blütenstände
Veralgung erkennbar

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	22
<i>Ceratophyllum demersum</i>	2

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	1198 g
Trockengewicht	137 g

Anmerkungen
kurze Pflanzen
Veralgung erkennbar

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	65

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	808 g
Trockengewicht	89 g

Anmerkungen
lange Pflanzen
Blütenstände vorhanden
Rotfärbung der Stängel

Vitalität	1
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	54
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	1480 g
Trockengewicht	-* g

Anmerkungen
kurze Pflanzen
satte Färbung

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	62

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	678 g
Trockengewicht	83 g

Anmerkungen
sehr lange Pflanzen
Rotfärbung Stängel

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	16

---

sonstige Anmerkungen:

\* Verlust des Probenkübel

**Mähbereich**

Nassgewicht	474 g
Trockengewicht	63 g

Anmerkungen
lange Pflanzen kaum Bewuchs

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	14

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	310 g
Trockengewicht	52 g

Anmerkungen
kaum Bewuchs satte Färbung

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	4

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	1628 g
Trockengewicht	145 g

Anmerkungen
lange Pflanzen Rotfärbung Stängel

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	24

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	429 g
Trockengewicht	48 g

Anmerkungen
sehr lange Pflanzen spärlicher Bewuchs

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	9

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	398 g
Trockengewicht	33 g

Anmerkungen
Veralgung erkennbar
Rotfärbung Stängel

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	9

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	99 g
Trockengewicht	11 g

Anmerkungen
Veralgung erkennbar
sehr wenig Pflanzen
Rotfärbung Stängel

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	4

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	573 g
Trockengewicht	77 g

Anmerkungen
satte Farbe
Blütenstände
lange Triebe

Vitalität	1
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	23
<i>Ceratophyllum demersum</i>	8

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	1948 g
Trockengewicht	236 g

Anmerkungen
neue Triebe
satte Farbe

Vitalität	1
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	3
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1
<i>Najas marina</i>	1

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	243 g
Trockengewicht	27 g

Anmerkungen
satte Färbung
keine Veralgung
Rotfärbung der Stängel

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	14

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	1608 g
Trockengewicht	112 g

Anmerkungen
Blütenstände
satte Färbung
hohes Pflanzenvolumen

Vitalität	1
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	20
<i>Najas marina</i>	3

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	537 g
Trockengewicht	50 g

Anmerkungen
wenig Verästelungen
rote Stängel

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	19

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	746 g
Trockengewicht	103 g

Anmerkungen
lange Pflanzen
wenig Blätter
rote Stängel

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	37

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	1054 g
Trockengewicht	183 g

Anmerkungen
sehr lange Pflanzen
wenig Verästelung
keine Verälgung
einzelne Blüten

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	23

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	289 g
Trockengewicht	36 g

Anmerkungen
lange Stängel
Rotfärbung der Stängel

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	13
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	1622 g
Trockengewicht	345 g

Anmerkungen
sehr lange Pflanzen
Rotfärbung
neue Triebe
Blütenstände

Vitalität	1
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	37

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	1150 g
Trockengewicht	115 g

Anmerkungen
neue Triebe
satte Farbe

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	57

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	1055 g
Trockengewicht	127 g

Anmerkungen
lange Stängel
Rotfärbung der Stängel
keine Verallung

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	42

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	485 g
Trockengewicht	57 g

Anmerkungen
Blütenstände vorhanden
neue Triebe

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	33
<i>Ceratophyllum demersum</i>	1

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	-	g
Trockengewicht	-	g

Anmerkungen

Vitalität	-
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	-	g
Trockengewicht	-	g

Anmerkungen

Vitalität	-
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl

---

sonstige Anmerkungen:

keine Entnahme aufgrund einer Veranstaltung - Zugänglichkeit nicht gegeben

**Mähbereich**

Nassgewicht	106 g
Trockengewicht	9 g

Anmerkungen
satt grün
kurze aber kräftige Stängel

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	23

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	103 g
Trockengewicht	9 g

Anmerkungen
satt grün
kurze aber kräftige Stängel

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	14

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	65 g
Trockengewicht	8 g

Anmerkungen
sehr kurz
satt grün

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	15

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	82 g
Trockengewicht	11 g

Anmerkungen
kurz
satt grün

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	12

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	79 g
Trockengewicht	10 g

Anmerkungen
leichte Rotfärbung

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	8

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	89 g
Trockengewicht	7 g

Anmerkungen
leichte Rotfärbung
satte Färbung

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	6

---

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	117 g
Trockengewicht	13 g

Anmerkungen
sehr lange, kahle Stängel kaum Blätter Rotfärbung der Stängel Veralgung erkennbar

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	21

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	208 g
Trockengewicht	17 g

Anmerkungen
sehr lange, kahle Stängel kaum Blätter satte Rotfärbung der Stängel

Vitalität	2
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	24

sonstige Anmerkungen:

**Mähbereich**

Nassgewicht	179 g
Trockengewicht	14 g

Anmerkungen
sehr lange Stängel
Rotfärbung der Stängel
keine Verallgung

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	9

**Schonzone (Z)**

Nassgewicht	198 g
Trockengewicht	18 g

Anmerkungen
sehr lange Stängel
Rotfärbung der Stängel
keine Verallgung

Vitalität	3
-----------	---

Artenzusammensetzung	Anzahl
<i>Myriophyllum spicatum</i>	11

sonstige Anmerkungen: