

Masterarbeit

**Untersuchung des Wachstums des
Braunen Zypergrases (*Cyperus fuscus*)
aus verschiedenen Landnutzungen in drei
verschiedenen Wasserlevels**



Eingereicht von **Johanna Höggerl** an der Universität für
Bodenkultur, Wien – Institut für Botanik

Betreuer: Univ. Prof. Dr. Karl-Georg Bernhardt

MitbetreuerInnen: Dr. Karin Tremetsberger und Dipl. Biol. Jörg Böckelmann

Wien, Juni 2015

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	1
Abstract.....	2
1. Einleitung	3
2. Fragestellungen und Hypothesen.....	5
3. Material und Methoden	6
3.1. Allgemeines zur untersuchten Art <i>Cyperus fuscus</i>	6
3.2. Beschreibung der Nutzungstypen	6
3.3. Herkunft des Samenmaterials.....	8
3.4. Keimung und Anzucht der Versuchspflanzen	10
3.5. Beschreibung des Wasserstandsversuchs	11
3.6. Monitoringtermine des Wasserstandsversuchs und aufgenommene bzw. berechnete Parameter	14
3.7. Allgemeine Statistik	16
3.7.1. Statistik des Keimversuchs.....	17
3.7.2. Statistik des Wasserstandsversuchs	17
4. Ergebnisse.....	18
4.1. Ergebnisse des Keimfähigkeitstests	18
4.2. Ergebnisse des Wasserstandsversuchs	23
4.2.1. Blühraten zum ersten Monitoringtermin	23
4.2.2. Korrelationen der einzelnen Faktoren.....	24
4.2.3. Ergebnisse des dritten Monitoringtermins.....	27
5. Diskussion	49
5.1. Einfluss der Wasserüberstauung	49
5.2. Einfluss des Nutzungstyps.....	52
5.3. Einfluss der Fraktion	54
5.4. Gesamtbeurteilung der Pflanzenfitness	55
5.5. Beantwortung der Fragestellungen und Hypothesen	56
6. Zusammenfassung.....	58
7. Abbildungsverzeichnis	60
8. Tabellenverzeichnis	62
9. Literaturverzeichnis	64
Danksagung	69
Eidesstattliche Erklärung	70

Kurzfassung

Die seit dem Mittelalter traditionelle Art der Fischzucht in Fischteichen und Fischhältern befindet sich immer mehr im Niedergang. Doch gerade die Fischteiche haben sich als wichtiges sekundäres Habitat für zahlreiche semi-aquatische Pflanzenarten herausgestellt, da auch naturnahe Habitate durch den menschlichen Einfluss immer weniger werden. Das Braune Zypergras (*Cyperus fuscus*) ist ein typischer Vertreter der Zwergbinsengesellschaft, welche sich sowohl in primären (naturnahe Standorte) als auch in sekundären Habitaten (Fischteiche und Fischhälter) finden lässt.

Im Rahmen dieser Masterarbeit wird anhand der Versuchspflanzenart *Cyperus fuscus* untersucht, wie Wasserüberstauung, Nutzungstyp und Fraktion einen Einfluss auf die vegetative und generative Fitness haben. Zu diesem Zweck wurde im Sommer 2014 an der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) ein dreimonatiger Wasserstandsversuch durchgeführt. Insgesamt fand der Versuch mit 1350 Pflanzen von *Cyperus fuscus* in Töpfen statt, wobei die Samen aus drei verschiedenen Nutzungstypen (naturnahe Standorte, Fischteiche und Fischhälter) und aus drei verschiedenen Fraktionen (oberirdisch, 0-5 cm und 5-15 cm) stammten. In großen Kunststoffwannen (400 l) bzw. auf Tischen wurden drei verschiedene Wasserlevels simuliert. Pflanzen des ersten Wasserlevels wurden keiner Überstauung ausgesetzt, sondern täglich gegossen, bei jenen des zweiten Wasserlevels wurde ein Monat lang eine einmalige Überstauung von 6 cm simuliert und Pflanzen des dritten (variablen) Wasserlevels wurden zuerst ein Monat mit 12 cm Wasser überstaut und anschließend nochmals ein Monat mit 6 cm.

Die statistische Auswertung zeigt, dass das Wasserlevel einen signifikanten Einfluss auf das Wachstum der Pflanzen hat. Im Mittel betrug die Biomasse der Pflanzen, die einer einmaligen Überstauung ausgesetzt wurden, am meisten (3,983 g), im Vergleich dazu wiesen jene Pflanzen des variablen Wasserlevels mit 3,346 g die geringste Biomasse auf. Die höchsten Individuen brachte das variable Wasserlevel hervor (Mittelwert 35,16 cm), jene des nicht überstauten Wasserlevels waren durchschnittlich nur 23,89 cm groß, wiesen allerdings mit einem Durchschnitt von 71,04 Blühtrieben pro Pflanze die meisten Blühtriebe auf. Auch in Bezug auf die verschiedenen Nutzungstypen wurden signifikante Unterschiede festgestellt. Mit einem Mittel von 58,07 Blühtrieben pro Pflanze wiesen jene Individuen aus den Fischhältern die geringste Anzahl an Blühtrieben auf.

Generell wurde gezeigt, dass *Cyperus fuscus* eine sehr anpassungsfähige Art ist.

Abstract

Since medieval times, fish farming with fishponds and storage ponds has been very common, but nowadays the importance of this traditional farming method is decreasing. Especially fishponds are a very important secondary habitat for semi-aquatic vegetation, since natural habitats are very rare. The brown galingale (*Cyperus fuscus*) is a typical Isoëto-Nanojuncetea species, which occurs in primary (near-natural) and secondary habitats (fishponds and storage ponds).

This master thesis investigates the influence of water flooding, use types and soil fractions on the vegetative and generative fitness of *Cyperus fuscus*. For this purpose, a three month water flooding experiment was performed at the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU) in summer 2014. The experiment was performed with 1350 *Cyperus fuscus* plants which were grown out of seeds from three different use types (near-natural, fishponds and storage ponds) and from three different fractions (above ground, 0-5 cm and 5-15 cm). Three different water levels were simulated in big tanks (400 l) and on tables. The plants from water level one were not treated with flooding, but received a specific amount of water every day. In water level two, the plants were treated with flooding of 6 cm for one month and in water level three, they were treated with flooding of 12 cm for one month and with flooding of 6 cm for the following month.

The statistic results show that water levels have a significant influence on plant growth. The average biomass weight of the plants from water level two was highest with 3.983 g, whereas it was lowest in water level three with 3.346 g. In water level one, the smallest plants (23.89 cm) were found, whereas the largest plants with an average height of 35.16 cm were found in water level three. Although plants from water level one were the smallest, they had the most shoots with inflorescences with an average of 71.04 shoots with inflorescences per plant. Significant differences were also found among the use types. Plants from storage ponds had the fewest shoots with inflorescences with an average of 58.07 shoots with inflorescences per plant.

The experiment showed that *Cyperus fuscus* is in general a very adaptable species.

1. Einleitung

Seit Beginn der Menschheit hat diese einen Einfluss auf die Natur und auf die Umwelt, auch wenn die Intensität dessen schwankt und vor allem mit Beginn der Industrialisierung im 18. Jhd. markant zunahm. Aber auch schon im Mittelalter nahm der Mensch durch die wachsende Bevölkerung und damit durch einen Anstieg der Produktion und des Handels einen starken Einfluss auf die Tier- und Pflanzengesellschaften der europäischen Flüsse und Seen.

Der größte menschliche Einfluss auf das Süßwasserökosystem war die Nutzung von Fisch als Nahrungsmittel, dazu kam, dass das Christentum den Konsum von Fleisch an ca. 150 Tagen im Jahr verbot, wodurch der Druck auf die Fischerei anstieg. In Europa wurde zu dieser Zeit hauptsächlich Süßwasserfisch konsumiert, da der Transport von Salzwasserfisch zu viel Zeit in Anspruch nahm und Fisch ein schnell verderbliches Lebensmittel ist. Durch den vermehrten Konsum von Fisch kam es zu einer Überfischung der Seen und Flüsse. Als Reaktion darauf wurden ab dem 11. Jhd. Flüsse aufgestaut und es entstanden zahlreiche künstliche Fischteiche. Die Schaffung dieser Teiche nahm im 12. und 13. Jhd. stark zu, wobei sie vor allem dort erschaffen wurden, wo auch die Bevölkerung stark wuchs. Die Schaffung von Fischhältern, welche für die Aufbewahrung von lebendem Fisch vor dem Verkauf dienen, kam erst später auf. Der Verbreitungsschwerpunkt der Fischteiche lag im heutigen Ostböhmen mit bis zu 26 000 Teichen, wodurch neue aquatische Lebensräume für die Tier- und Pflanzenwelt entstanden (HOFFMANN 1996). Der Großteil der Teiche stammt aus der zweiten Hälfte des 15. Jhd. bzw. aus der ersten Hälfte des 16. Jhd. und prägt auch noch heute die Landschaft Böhmens und des Tschechisch-Mährischen Hügellandes (ŠUMBEROVÁ 2003).

Heutzutage ist die Anzahl dieser Fischteiche aber wieder stark rückläufig, da sich das traditionelle Management im Niedergang befindet. Fischteiche stellen jedoch einen wichtigen sekundären Standort für viele Pflanzengesellschaften dar. Viele Pflanzenarten, welche heute vom Aussterben bedroht sind, waren in der ersten Hälfte des 20. Jhd. noch ein wichtiger Bestandteil der Teichbodenvegetation (DOMIN 1904, AMBROŽ 1939).

Die früher häufig vorkommenden Zwergbinsengesellschaften (*Isotëo-Nanojuncetea*) sind in der letzten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts ebenfalls stark rückläufig, da einerseits adäquate Standorte durch beispielsweise Flussbegradigungen oder Trockenlegungen seltener geworden sind und andererseits die Fischteiche, welche als wichtige sekundäre Habitate angesehen werden können, auch immer weniger geworden sind (FARASIN und LAZOWSKI 1990, BERNHARDT et al. 2004, 2005, KOCH et al. 2005). Nicht nur die passenden

Habitate sind für das Überleben einer Art verantwortlich, auch die Samenbank im Boden spielt eine wichtige Rolle, vor allem bei kurzlebigen semi-aquatischen Pflanzenspezies. Diese Samen können trotz einer Intensivierung oder Änderung des Teichmanagements einige Jahre in der Samenbank überleben und keimfähig bleiben (BERNHARDT und POSCHLOD 1993, BERNHARDT et al. 2005).

Ein typischer Vertreter der Zwergbinsengesellschaft ist das Braune Zypergras (*Cyperus fuscus*), welches in mediterranen Regionen sowie im temperaten Eurasien heimisch ist. Die Pflanze bevorzugt Feuchtgebiete wie Uferbereiche oder Altarme von Flüssen, aber auch anthropogen geschaffene Habitate wie Fischteiche und Fischhälter (PHILIPPI 1998). Es handelt sich um eine Charakterart der Zwergbinsengesellschaft mit sehr kurzen und meist nicht überlappenden Generationen (MÜLLER-STOLL und PIETSCH 1985). In Tschechien und Österreich gilt *Cyperus fuscus* als gefährdet (NIKLFELD 1999, PROCHÁZKA 2001).

Cyperus fuscus kann als eine gute Art für Versuche angesehen werden, da sie eine kurze Generationszeit besitzt, die Fähigkeit hat, sich zu selbst zu erneuern und eine Charakterart der Zwergbinsengesellschaft ist. Somit können die Ergebnisse auch auf andere Arten schließen lassen (z.B. *Cyperus michelianus*). Aus diesen Gründen wurde *Cyperus fuscus* als Versuchspflanze für einen Wasserstandsversuch an der BOKU ausgewählt, in dem der Einfluss des Wasserlevels, der Landnutzung und der Samenbank auf die Pflanzen untersucht wird.

2. Fragestellungen und Hypothesen

Im Rahmen dieser Masterarbeit soll anhand eines Wasserstandsversuchs die Fitness von *Cyperus fuscus* untersucht werden. Es werden Untersuchungen sowohl zur vegetativen Fitness (Biomasse, Blattanzahl, Pflanzenhöhe,...), als auch zur generativen Fitness (Keimfähigkeit, Anzahl Blühtriebe) durchgeführt.

Nachfolgend sind die dieser Arbeit zugrunde liegenden Fragestellungen und Hypothesen aufgelistet.

Frage 1: Ist das Wachstum von *Cyperus fuscus* vom Wasserstand bzw. dem Wasserstandswechsel abhängig?

Hypothese 1: Pflanzen des nicht überstauten Wasserlevels weisen eine größere Blattbreite auf.

Frage 2: Können Wachstumsunterschiede bei den Pflanzen festgestellt werden, wenn die Samen aus drei verschiedenen Landnutzungstypen (naturnahe Standorte, Fischteiche und Fischhälter) stammen?

Hypothese 2: Infolge der stärker schwankenden Wasserstände an Flüssen sollten die Pflanzen der naturnahen Standorte besser an dynamische Wasserverhältnisse angepasst sein als jene Pflanzen der Fischteiche und Fischhälter, welche oft mehrere Monate im Jahr trocken liegen. Es wird deshalb erwartet, dass die Pflanzen der naturnahen Standorte eine bessere Wachstumsleistung bei stark schwankenden Wasserlevels erzielen, als jene der Fischteiche und Fischhälter.

Hypothese 3: Aufgrund von Beobachtungen während des Wasserstandsversuchs wird die Hypothese aufgestellt, dass die Pflanzen aus naturnahen Standorten später blühen als jene aus den Fischhältern.

Frage 3: Können Wachstumsunterschiede bei den Pflanzen festgestellt werden, wenn die Samen aus der oberirdischen Vegetation bzw. aus der Samenbank stammen?

3. Material und Methoden

3.1. Allgemeines zur untersuchten Art *Cyperus fuscus*

Cyperus fuscus gehört zu der Familie der *Cyperaceae* (Ried- oder Sauergräser). Diese Familie besteht aus meist mehrjährigen Pflanzen (STÜTZEL 2002), bei *Cyperus fuscus* handelt es sich jedoch um eine Einjährige (AICHELE und SCHWEGLER 2011) mit dunkelbraunen Ähren mit grünen Streifen. Die Stängel sind scharf dreikantig (HOLZNER und ADLER 2013) und die Samen gelblich bis bräunlich mit einer elliptischen Form (0,7-0,9 mm lang und 0,3-0,4 mm breit). Ein typisches Merkmal der Art sind die rötlich-bräunlichen feinen Wurzeln (BRYSON und CARTER s.a.). Bei günstigen Bedingungen kann *Cyperus fuscus* innerhalb von ein bis zwei Monaten aus der Samenbank bis zum Blütenstadium gelangen. Da *Cyperus fuscus* auch dazu fähig ist, mehrere Generationen in einem Jahr zu bilden, können jährlich von 69 Millionen bis zu 2,2 Billionen Samen ha⁻¹ produziert werden (BRYSON und CARTER 2010). Die Pflanzen werden bis zu 25 cm groß (FRESH WATER HABITATS TRUST s.a.), können jedoch abhängig von der Nährstoff- und Wasserverfügbarkeit ihr Wachstum anpassen (FISCHER 1984, VON LAMPE 1996). Den Verbreitungsschwerpunkt hat die Art auf basenreichen Substraten (ŠUMBEROVÁ 2003).

3.2. Beschreibung der Nutzungstypen

Für den Wasserstandsversuch wurde Samenmaterial aus drei verschiedenen Landnutzungstypen verwendet, welche im Folgenden näher beschrieben werden.

- **Naturnahe Standorte**

Da *Cyperus fuscus* Habitate mit semiaquatischen Bedingungen braucht, welche durch ein intensives Störungsregime und ein periodisches Wechseln des Wasserlevels (Überflutung und Austrocknung) gekennzeichnet sind, kann die Pflanze an sonnigen Uferbereichen von Flüssen und Altarmen vorkommen (Abbildung 3-1) (BERNHARDT und POSCHLOD 1993).



Abbildung 3-1: Beispiel naturnaher Standort (BÖCKELMANN 2012).

- **Fischteiche**

Hierbei handelt es sich um künstlich angelegte, traditionell genutzte flache Teiche, in denen Fische (z.B. Karpfen und Hechte) gezüchtet werden (Abbildung 3-2). Diese werden in mehr oder weniger regelmäßigen Abständen zum Abfischen der Fische entleert, wobei sie länger mit Wasser gefüllt sind als trocken liegen. Vor allem im Sommer fallen die Uferbereiche der Teiche trocken. Das Management der Teiche kann in den Ausprägungen der Fischfütterung, Kalkung und organischen Düngung variieren (ŠUMBEROVÁ 2003, ŠUMBEROVÁ et al. 2006). Aufgrund der extensiven Nutzung können somit Fischteiche als relativ naturnahe Standorte bezeichnet werden.



Abbildung 3-2: Beispiel Fischteich (BÖCKELMANN 2012).

- **Fischhälter**

Hierbei handelt es sich um künstliche Becken, welche für die kurzzeitige Aufbewahrung der lebenden Fische verwendet werden, bevor diese zum Verkauf kommen, welche eine rechteckige oder ovale Form haben und eine Tiefe von 1,5 bis 3 m aufweisen (Abbildung 3-3). Die Wände der Fischhälter können aus Stein, Beton, Lehm oder mit Grasbewuchs sein, die Böden sind sandig, lehmig, tonig oder mit Steinplatten belegt. Die Fische, welche aus den Fischteichen kommen, werden meist im Herbst, selten aber auch im frühen Frühling in die Fischhälter überstellt. Somit sind die Fischhälter meist von Herbst bis Frühling mit Wasser gefüllt und liegen fast immer im März und April, und auch noch länger, trocken. Für gewöhnlich sind sie sechs bis zehn Monate im Jahr trocken, dies soll unter anderem Parasiten und Krankheiten abtöten. Bevor diese wieder für die Fischhaltung verwendet werden, werden sie meist gemäht oder von Schafen beweidet, wobei in letzter Zeit auch ein Einsatz von Herbiziden erfolgte (ŠUMBEROVÁ 2003, ŠUMBEROVÁ et al. 2006).



Abbildung 3-3: Beispiel Fischhälter (BÖCKELMANN 2012).

Der Einsatz von Herbiziden erfolgt bei den meisten Betrieben nur für die Bekämpfung hochwüchsiger Pflanzenarten. Grund dafür ist, dass die Fische, welche längerfristig (zwei bis drei Monate) im Fischhälter gehalten werden, am besten in Becken mit einem weichen Boden (niederwüchsige Vegetation) überleben können. Weiters ist für die Vegetation wichtig, dass in den Fischhäaltern, im Gegensatz zu den Fischteichen, nicht gedüngt wird, und deshalb diese Standorte auch deutlich nährstoffärmer sind (ŠUMBEROVÁ 2003). Durch die oft monatelange, unter Umständen extreme Trockenheit, die Beweidung und die Herbizidbehandlung wird die Vegetation jedoch einem zusätzlichen Stress ausgeliefert.

3.3. Herkunft des Samenmaterials

Im Sommer 2012 wurde von Jörg Böckelmann, Doktorand an der Universität für Bodenkultur, Samenmaterial von 38 Flächen gesammelt, welche aus den drei verschiedenen Landnutzungsformen (naturnahe Standorte, Fischteiche und Fischhälter) stammen.

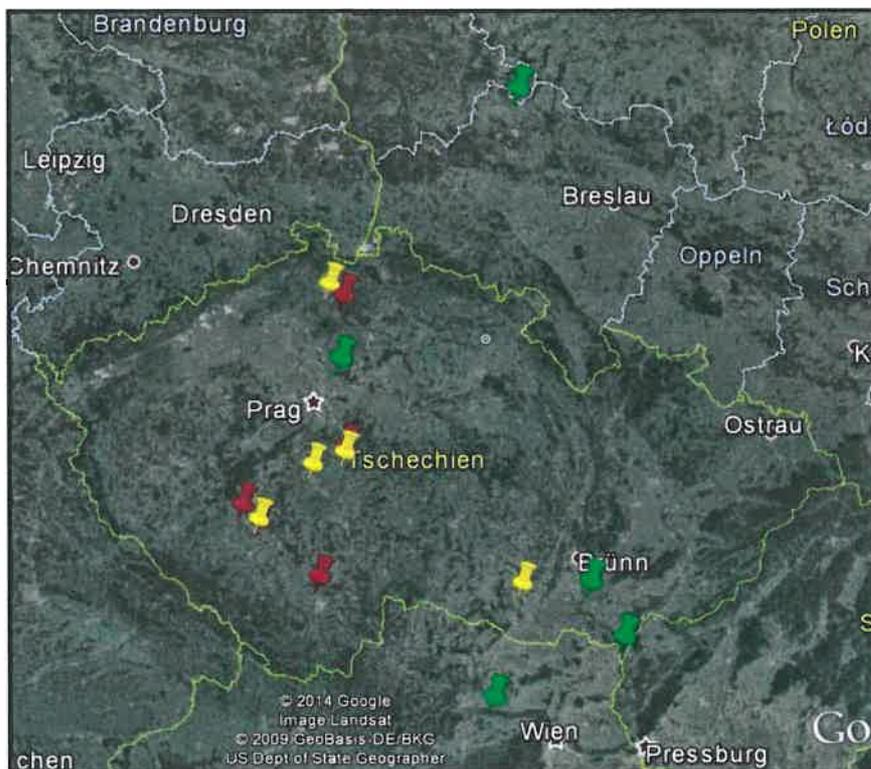


Abbildung 3-4: Standorte der Untersuchungsflächen der Probenentnahmen (grün – naturnahe Standorte; gelb – Fischteiche; rot – Fischhälter) (GOOGLE MAPS 2014).

Die Standorte der Beprobungen sind in Abbildung 3-4 dargestellt, die genauen Koordinaten sind in Tabelle 3-1 aufgelistet. Die grünen Pins auf der Landkarte stellen die Orte der

naturnahen Standorte dar, die gelben jene der Fischteiche und durch die roten Markierungen sind die Standorte der Fischhälter gekennzeichnet.

Dabei handelt es sich um Standorte in Tschechien, Polen und Österreich, welche sich in der Böhmisches Masse befinden. Diese zeichnet sich durch den hohen Niederschlag schon seit Jahrzehnten als gutes Fischteichgebiet aus (STANJEK 1994, ŠUMBEROVÁ et al. 2005).

Tabelle 3-1: Übersicht der Nutzungstypen, Standorte bzw.-Koordinaten der Plots.

Nutzungstyp	Plot Nr.	Land/Gemeinde	Koordinaten in °, min., sec.	Sonstiges
Fischhälter	2	Tschechien/Doksy	N50° 33' 49.8" E14° 39' 31.92"	beweidet
Fischhälter	9	Tschechien/Hluboká nad Vltavou	N49° 2' 37.44" E14° 25' 57.12"	
Fischhälter	16	Tschechien/Semovice	N49° 45' 4.02" E14° 39' 39.3"	gemäht u. Herbizide
Fischhälter	20	Tschechien/Rojice	N49° 20' 50.52" E13° 56' 54.18"	gemäht
Fischhälter	22	Tschechien/Tchořovice	N49° 26' 6.9" E13° 48' 26.52"	gesenst
Fischteich	3	Tschechien/Zahrádky	N50° 37' 41.22" E14° 32' 35.7"	
Fischteich	4	Tschechien/Petrovice	N49° 43' 5.94" E14° 39' 1.8"	
Fischteich	8	Tschechien/Rojice	N49° 20' 59.88" E13° 56' 32.4"	
Fischteich	15	Tschechien/Solopysky	N49° 39' 13.02" E14° 23' 5.7"	
Fischteich	27	Tschechien/Křepice	N48°59'11.589" E16°5'38.459"	
naturnaher Standort	23	Tschechien/Záryby	N50°13'25.78" E14°37'43.02"	
naturnaher Standort	29	Tschechien/Břeclav	N48° 40' 21.24" E16° 55' 26.52"	Thaya-Arm
naturnaher Standort	31	Tschechien/Velké Němčice	N48° 59' 3.36" E16° 39' 53.64"	
naturnaher Standort	33	Österreich/Zwentendorf	N48° 22' 14.7" E15° 50' 17.0"	Traisienkanal
naturnaher Standort	36	Polen/Oder	N51° 40' 28.62" E16° 12' 14.34"	Oder Seitenarm

Es wurden reife Samen der oberirdischen Vegetation (OI) entnommen, sowie Bodenproben in zwei verschiedenen Tiefen, nämlich von 0 bis 5 cm (A) und von 5 bis 15 cm (B).

Im Sommer 2013 fand die Aussaat der oberirdischen Population statt, bzw. wurde die Analyse der Diasporenbank durchgeführt und die aus dem Boden ausgetriebenen Individuen von *Cyperus fuscus* wurden pikiert.

Anschließend erfolgte eine Selbstung der Pflanzen, um einerseits eine Vereinheitlichung des genetischen Materials zu erlangen und andererseits, um zu erreichen, dass die Samen für den Versuch alle gleich alt waren. Das geselbstete Samenmaterial von 15 der 38 Flächen diente dann schließlich als Ausgangsbasis für den hier beschriebenen Wasserstandsversuch der Masterarbeit. Es wurden jene 15 Flächen ausgewählt, bei denen die Pflanzen genügend geselbstetes Samenmaterial für den Versuch hervorbrachten.

3.4. Keimung und Anzucht der Versuchspflanzen

Im April 2014 wurde mit der Vorbereitung der geselbstenen Samen für die Keimung begonnen. Es wurden jeweils 50 Samen einer Plot-/Fraktionkombination in eine Kunststoffpetrischale, mit einem Durchmesser von 9 cm, auf ein Filterpapier gelegt. Insgesamt wurden 225 Petrischalen mit jeweils 50 Samen befüllt (ISTA 1999). Anfang Mai 2014 wurden alle Samen in den Petrischalen gleichzeitig gewässert und in den Keimschrank (Panasonic Versatile Environmental Test Chamber Model No. MLR-352-PE) eingebracht. In diesem wurden die Samen zur Keimung gebracht, wobei ein Tag/Nachtrhythmus von 14/10 Stunden eingestellt wurde. Die Temperatur betrug für die Helligkeitsphase 35°C und für die Dunkelphase 10°C. Vier Wochen lang wurde die Keimung täglich bzw. zum Ende hin jeden zweiten Tag kontrolliert.

Anschließend wurden die Keimraten, d.h. wie viel Prozent der gesamten in die Petrischale eingelegten Samen gekeimt waren, berechnet. Darüber hinaus wurde die Keimgeschwindigkeit (T50) berechnet (nach SALEHZADE et al. 2009), welche aussagt, zu welchem Zeitpunkt 50% der insgesamt gekeimten Samen gekeimt waren. Die Ergebnisse des Keimfähigkeitstestes werden in Kapitel 4.1 erläutert.

Wenige Tage nachdem die ersten Keimlinge aufliefen, wurden jeweils sechs möglichst kräftige Keimlinge zusammen in ein Plastikrundtöpfchen (Durchmesser 8 cm) pikiert. Diese Töpfchen waren mit einer einheitlichen Torfkultursubstrat 2 (TKS2)/Sandmischung (Verhältnis 2:1) gefüllt. Jedes Töpfchen bekam eine eindeutige Beschriftung auf einem Schildchen, damit eine spätere Zuordnung der jeweiligen Plots/Fraktionen gegeben war. Um zum Start des Wasserstandsversuchs auch wirklich auf die angestrebte Zahl der Pflanzen zu kommen (1350), wurden mehr Keimlinge zusammen in einen Topf pikiert, als im Endeffekt benötigt wurden.

Die Keimlinge wuchsen ca. zwei Wochen lang im Glashaus der Universität für Bodenkultur, bis sie eine ungefähre Höhe von 5 cm hatten. Anschließend bekamen die tatsächlich benötigten 1350 Pflänzchen einen eigenen Topf mit der entsprechenden Beschriftung. Auch hier wurden wiederum die kräftigsten Individuen ausgewählt. Als Substrat diente wieder die

2:1 TKS2/Sandmischung. Alle Pflänzchen wuchsen unter denselben Bedingungen. Sie wurden regelmäßig gegossen bzw. hatten die Töpfchen immer direkten Kontakt zum Wasser, womit ein zwischenzeitliches Austrocknen ausgeschlossen werden konnte.

3.5. Beschreibung des Wasserstandsversuchs

Der Wasserstandsversuch fand im Gitterhaus der Universität für Bodenkultur statt. Klima und Niederschlag entsprachen der Umwelt, das Gitter sollte lediglich den Einfluss von größeren Tieren ausschließen.

In diesem Experiment wurde der Einfluss von drei verschiedenen Wasserlevels auf das Wachstum der Versuchspflanzen untersucht. Die Untersuchungen fanden an drei Monitoringterminen statt. Im Folgenden werden die drei Wasserlevels näher beschrieben, wobei sich jeweils 450 Pflanzen in einem Wasserlevel befanden.

- **Wasserlevel 1 - nicht überstaut**

Diese Pflanzen wurden zu keinem Zeitpunkt mit Wasser überstaut, sondern wurden täglich mit ca. 800 ml Wasser gegossen. Dieses Wasserlevel hatte aber auch keinen Trockenstress, da das zugefügte Wasser ausreichte, um die Erde der Töpfe permanent feucht zu halten. Bei Regen wurde nicht zusätzlich gegossen.

- **Wasserlevel 2 - einmalige Überstauung**

Bei diesem Wasserlevel herrschte eine zeitliche, ca. ein Monat lang dauernde, Überstauung der Pflanzen. Zwischen dem ersten und dem zweiten Monitoringtermin wurden diese Pflanzen 6 cm (gemessen von der Topfoberkante) mit Wasser überstaut. Das Absenken bzw. das Anheben der Pflanzen erfolgte mittels Kettenkonstruktion in 1 cm Schritten pro Tag, um eine natürliche Überstauung zu simulieren.

Vom zweiten bis zum dritten Monitoringtermin standen diese Pflanzen nur bis zur Topfoberkante im Wasser.

- **Wasserlevel 3 - variabel**

Dieses Wasserlevel stellte eine mehrfache Überstauung mit Wasser dar. Vom ersten bis zum zweiten Monitoringtermin (ca. ein Monat lang) wurden diese Pflanzen 12 cm (gemessen von der Topfoberkante) mit Wasser überstaut. Die Absenkung bzw. das Anheben erfolgte ebenfalls schrittweise. Dieses Wasserlevel unterschied sich nicht nur in der Höhe der Überstauung von Wasserlevel 2, sondern auch im Intervall.

Nachdem die Pflanzen für die Dauer des zweiten Monitoringtermins nur bis zur Topoberkante im Wasser standen, wurden sie anschließend vom zweiten bis zum dritten Monitoringtermin (ca. ein Monat) nochmals einer Überstauung von 6 cm ausgesetzt.

Insgesamt wurde der Versuch mit 1350 Pflanzen durchgeführt, welche sich wie folgt zusammensetzten:

- 3 verschiedene Nutzungstypen (naturnahe Standorte, Fischteiche, Fischhälter), jeweils durch 5 Plots vertreten
- 3 verschiedene Fraktionen (OI, A, B)
- 3 verschiedene Wasserlevel (nicht überstaut, einmalige Überstauung, variabel)
- 5 Pflanzen pro Plot/Fraktion/Wasserlevel
- Eine **zweite** Wiederholung jeder Kombination

Die Wannenkonstruktionen für den Versuch waren eine Eigenkonstruktion des Gärtners der BOKU, Gerhard Wagner. Hierbei handelte es sich um grüne Kunststoffwannen mit einem Volumen von ca. 400 l. Diese wurden für den Versuch so umgebaut, dass die Versuchspflanzen mittels einer Kettenkonstruktion relativ einfach in der Höhe verstellt werden konnten. In einer grünen Wanne konnten drei schwarze Kisten, welche auf der Unterseite mit Schlitzfenstern versehen waren, nebeneinander untergebracht werden. In einer schwarzen Kiste befanden sich die Pflanzen eines Plots (15 Pflanzen entsprechend einer Wiederholung), welche zufällig verteilt in der Kiste standen. Dadurch konnten drei verschiedene Plots, jedoch mit demselben Wasserlevel, in einer grünen Wanne untergebracht werden. Die zweite Wiederholung befand sich in einer anderen, zufällig ausgesuchten grünen Wanne. Daraus ergaben sich für das Wasserlevel 2 und 3 insgesamt 20 benötigte grüne Wannens.

Darüber hinaus wurden die Wannens mit einer Schlauchkonstruktion ausgestattet, die es ermöglichte, das Wasserlevel konstant zu halten. Regenwasser konnte ebenfalls ungehindert über diese Konstruktion ablaufen. Somit konnten alle gewünschten Überstauungsregimes eingestellt werden.

Um einen adäquaten Sauerstoffgehalt im Wasser zu gewährleisten, wurde das Wasser in den Wannens mittels eines Kompressors und einer ebenfalls von den Gärtnern gebauten Konstruktion tagsüber belüftet.

Die Pflanzen des Wasserlevels 1 wurden ebenfalls im Gitterhaus, aber auf Tischen aufgestellt. Um die gleiche Menge an Wasser zu gewährleisten, wurden jeweils 15 Töpfchen mit den Pflanzen eines Plots (eine der beiden Wiederholungen) in eine schwarze Kiste mit

seitlichen Schlitzten gegeben. Durch diese Schlitzte konnte das überschüssige Wasser problemlos ablaufen. Der Aufbau des Wasserstandsversuchs im Gitterhaus ist in Abbildung 3-5 abgebildet.



Abbildung 3-5: Versuchsaufbau im Gitterhaus: auf den Tischen rechts befindet sich das nicht überstaute Wasserlevel 1, in den grünen Wannensystemen die Simulation des einmaligen überstauten Wasserlevels 2 bzw. des variablen Wasserlevels 3.

Zu Beginn des Wasserstandsversuchs am 12. Juni 2014 wurden die Pflanzen randomisiert auf die Wannensysteme bzw. die Tische verteilt. Anschließend fand der erste von drei Monitoringterminen statt, worauf in Kapitel 3.6 näher eingegangen wird. Insgesamt dauerte der Wasserstandsversuch drei Monate, welcher mit der letzten Vermessung der Pflanzen am 12. September endete.

Aufgrund der sommerlichen Temperaturen konnte die Verdunstung des Wassers in den Wannensystemen oft sehr hoch sein, deshalb wurden diese täglich kontrolliert und bis zum vorgegebenen Wasserlevel gegebenenfalls aufgefüllt. Außerdem wurde in regelmäßigen Abständen ein einheitlicher 20-minütiger „Wassertausch“ pro Wanne vorgenommen, um unter anderem dem Veralgen der Wannensysteme entgegen zu wirken.

Um die Vitalität der Pflanzen zu erhalten und einem Nährstoffmangel entgegen zu wirken, wurden diese bei Bedarf gedüngt. Dabei wurde die Zugabe des Flüssigvolldüngers (NPK-Düngerlösung 12-4-6) standardisiert. Bei Wasserlevel 1 bekam eine schwarze Kiste 800 ml des empfohlenen Gemisches, Wasserlevel 2 und 3 in den grünen Wannensystemen bekamen das Vierfache pro grüner (400 l) Wanne.

3.6. Monitoringtermine des Wasserstandsversuchs und aufgenommene bzw. berechnete Parameter

Der Wasserstandsversuch begann mit dem 1. Monitoringtermin am 12. Juni 2014. Bei diesem wurde die Ausgangsbasis der Pflanzen aufgenommen.

Aufgrund des Wachstums der Pflanzen dauerten die Monitoringtermine unterschiedlich lang, welches in Tabelle 3-2 ersichtlich ist.

Tabelle 3-2: Dauer der Monitoringtermine.

Monitoringtermin	Datum
1. Monitoringtermin	12. Juni bis 18. Juni 2014
2. Monitoringtermin	21. Juli bis 31. Juli 2014
3. Monitoringtermin	25. August bis 12. September 2014

An jedem der drei Monitoringtermine wurden nachfolgende Parameter von jeder einzelnen der 1350 Pflanzen aufgenommen (Tabelle 3-3).

Tabelle 3-3: Aufgenommene Parameter zu den Monitoringterminen.

Parameter	Bedeutung des Parameters
Überleben	Pflanze lebendig – 1 tot – 0
Höhe	Höhe der Pflanze vom Boden bis zur Blattspitze in ausgestrecktem Zustand (cm)
längstes Blatt	Länge des längsten Blattes (cm)
Anzahl Blätter	Anzahl der Blätter (inkl. Stängel) pro Pflanze
Anzahl Triebe	Anzahl der Triebe pro Pflanze
blühend	Pflanze blüht – 1 blüht nicht – 0
Anzahl blühender Triebe	bei blühenden Pflanzen, die Anzahl der blühenden Triebe
Fitness	Beurteilung des allgemeinen Zustandes der Pflanze von 1-9; lebt gerade noch – 1 sehr hohe Vitalität – 9
Blattbreite I/II	Blattbreite der zwei breitesten Blätter, gemessen an der Blattbasis (mm)
oberirdische Biomasse	Gewicht der getrockneten oberirdischen Biomasse (g); nach dem 3. Monitoringtermin

Beim 3. Monitoringtermin, welcher auch der abschließende war, wurden die Pflanzen geerntet. Das heißt, es wurde die komplette oberirdische Biomasse abgeschnitten und in Papiersäckchen gegeben. Anschließend erfolgte eine Trocknung der Pflanzen im Trockenschrank für ca. 24 Stunden bei 70 °C und ein abschließendes Wiegen der oberirdischen Biomasse.

Für die weitere Auswertung der Daten wurden aus den aufgenommen Größen, mittels EXCEL 2010 noch weitere Parameter errechnet.

Mit der nachfolgenden Formel konnten die relativen Wachstumsraten (RGR) der verschiedenen Parameter über die verschiedenen Monitoringtermine berechnet werden (GRIME und HUNT 1975):

$$RGR = \frac{\ln x_t - \ln x_0}{t_2 - t_1} \times 7 \text{ Tage}$$

x_t = Wert eines bestimmten Parameters zu einem bestimmten Monitoringtermin

x_0 = Wert eines bestimmten Parameters zu einem vorherigen Monitoringtermin

t_2/t_1 = Zeitpunkt der betreffenden Monitoringtermine

Damit konnten die Wachstumsraten der Blätter und Triebe zu unterschiedlichen Zeitpunkten berechnet werden:

RGR_Blätter_1-2 – RGR Blattanzahl (inkl. Stängel) zwischen dem 1. und dem 2. Monitoringtermin [n*n-1/Woche]

RGR_Blätter_2-3 – RGR Blattanzahl (inkl. Stängel) zwischen dem 2. und dem 3. Monitoringtermin [n*n-1/Woche]

RGR_Blätter_1-3 – RGR Blattanzahl (inkl. Stängel) zwischen dem 1. und dem 3. Monitoringtermin [n*n-1/Woche]

RGR_Triebe_1-2 – RGR Triebanzahl zwischen dem 1. und dem 2. Monitoringtermin [n*n-1/Woche]

RGR_Triebe_2-3 – RGR Triebanzahl zwischen dem 2. und dem 3. Monitoringtermin [n*n-1/Woche]

RGR_Triebe_1-3 – RGR Triebanzahl zwischen dem 1. und dem 3. Monitoringtermin [n*n-1/Woche]

Für die statistischen Auswertungen wurden meist die relativen Wachstumsraten vom 1. bis zum 3. Monitoringtermin, also jene über den gesamten Versuchszeitraum, genutzt.

In der weiteren Arbeit wird der Vereinfachung wegen für den Parameter RGR Blätter (inkl. Stängel) nur noch RGR Blätter verwendet.

3.7. Allgemeine Statistik

Bei experimentellen Studien existieren meist nicht nur feste Faktoren (*fixed effects*), sondern oftmals auch sogenannte zufällige Faktoren (*random effects*). Diese Gruppe von Faktoren können auch Varianz im Datensatz erklären, sind aber nicht von primärem Interesse der Untersuchung (DORMANN und KÜHN 2011). Sie können einen nicht-systematischen, unvorhersehbaren Einfluss auf die Daten haben (WINTER 2013).

Zur statistischen Auswertung der Daten des Keimversuchs sowie des Wasserstandsversuchs wurde deshalb ein gemischtes lineares Modell berechnet, welches mit der Software SPSS Version 21 geschah. Ein weiterer Grund für die Auswahl dieses Modells war, dass die Daten unzureichend normalverteilt und die Varianzen sehr inhomogen waren.

Ausschlaggebend für die Auswahl der zufälligen Faktoren war ein möglichst geringes AIC (*Akaike Information Criterion*) zu bekommen. AIC ist eine Abwandlung der *log-likelihood* ($\log L$), wobei K die Anzahl der Parameter im Modell darstellt: $AIC = -2\log L + 2K$ (DORMANN und KÜHN 2011).

Zur Überprüfung der signifikanten Zusammenhänge wurde ein LSD *Post-Hoc-Test* durchgeführt. Die graphische Darstellung erfolgte meist, ebenfalls in SPSS hergestellt, mittels Boxplots, wobei die Box 50% aller Werte darstellt. Der Median wird als Trennlinie in der Box dargestellt, das ungefähre 95%-Konfidenzintervall wird durch die Whisker gezeigt (bei einem tatsächlich vorkommenden Wert endend). Ausreißer bzw. extreme Ausreißer werden durch Kreise bzw. Sterne gekennzeichnet. Über den einzelnen Boxen wird der signifikante Zusammenhang mittels Buchstaben gekennzeichnet. Die gleichen Buchstaben innerhalb eines Diagrammes bedeuten, dass sich kein signifikanter Unterschied feststellen lässt, bei unterschiedlichen Buchstaben konnte der Unterschied als signifikant eingestuft werden. Das Signifikanzniveau wurde mit $p < 0,05$ gewählt.

Um etwaige Beziehungen zwischen den Faktoren erkennen zu können, wurde ein Korrelationstest nach Pearson gemacht. Anhand des von BÜHL (2010) publizierten Schlüssels kann eine Interpretation der Korrelationskoeffizienten durchgeführt werden (Tabelle 3-4). Je näher der Korrelationskoeffizient bei 1 liegt, desto mehr korrelieren die Parameter miteinander, je näher er bei 0 liegt, desto weniger Zusammenhang besteht.

Tabelle 3-4: Interpretation der Korrelationskoeffizienten (BÜHL 2010).

Wert	Interpretation
bis 0,2	sehr geringe Korrelation
bis 0,5	geringe Korrelation
bis 0,7	mittlere Korrelation
bis 0,9	hohe Korrelation
über 0,9	sehr hohe Korrelation

3.7.1. Statistik des Keimversuchs

Für den Keimversuch wurden die Faktoren Nutzungstyp und Fraktion, sowie die Kombination Nutzungstyp*Fraktion als feste Faktoren gewählt. Als zufälliger Faktor wurde der Plot mit in das Modell einbezogen.

3.7.2. Statistik des Wasserstandsversuchs

Als feste Faktoren für den Wasserstandsversuch wurden Wasserlevel, Nutzungstyp und Fraktion festgelegt und auch die Kombinationen Wasserlevel*Nutzungstyp und Wasserlevel*Fraktion. Als zufällige Faktoren wurden Reihe_Tischtank, Plot, Plot_Fraktion_Familie sowie die Kombinationen Wasserlevel*Plot und Wasserlevel*Plot_Fraktion_Familie in das Modell mit einbezogen. Bei den Variablen Biomasse, Höhe, Blattbreite, längstes Blatt und Anzahl Blühtriebe wurde als Kovariate das Datum des dritten Monitoringtermins mit in die Berechnung einbezogen. Bei der Auswertung, welche Pflanzen beim ersten Monitoringtermin blühten, wurde das Datum des ersten Termins herangezogen. Bei den Variablen RGR Blätter und RGR Triebe hat das Datum schon mittels der in Kapitel 3.6 vorgestellten Formel Einfluss gefunden.

4. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse getrennt nach den einzelnen Versuchsabschnitten, Keimfähigkeitstest und Wasserstandsversuch, dargestellt. In den einzelnen Tabellen sind die festen und zufälligen Faktoren, sowie die dazugehörigen p-Werte aufgelistet. Es sind jeweils jene feste Faktoren bzw. Interaktionen fett hervorgehoben, die einen signifikanten Effekt hatten. Anschließend an die Tabellen werden einige Zusammenhänge graphisch dargestellt.

4.1. Ergebnisse des Keimfähigkeitstests

In Tabelle 4-1 sind die p-Werte des Keimfähigkeitstests des gemischten linearen Modells in Bezug auf die Keimrate und die Keimgeschwindigkeit (T50) dargestellt. Es ist zu erkennen, dass weder der Nutzungstyp, die Fraktion, noch die Interaktion Nutzungstyp*Fraktion einen signifikanten Einfluss auf die Keimrate haben. Auf die Keimgeschwindigkeit wirkt sich die Fraktion ($p \leq 0,001$) bzw. die Interaktion Nutzungstyp*Fraktion ($p = 0,037$) signifikant aus, der Nutzungstyp allerdings nicht.

Tabelle 4-1: Übersicht über die p-Werte der festen und zufälligen Faktoren des gemischten linearen Modells zur Keimrate und Keimgeschwindigkeit (T50), n = 238.

feste Faktoren	Keimrate	T50
Nutzungstyp	0,144	0,159
Fraktion	0,097	0,000
Nutzungstyp*Fraktion	0,153	0,037
zufällige Faktoren		
Plot	0,019	0,018

Wie in Tabelle 4-2 ersichtlich, unterscheiden sich also die einzelnen Nutzungstypen hinsichtlich der Keimrate nicht signifikant. Es ist jedoch erkennbar, dass sich Fischhälter und naturnahe Standorte ($p = 0,054$) marginal signifikant voneinander unterscheiden.

Auch hinsichtlich der Fraktionen kann gesagt werden, dass sich die Fraktion „oberirdisch“ von „0-5 cm“ ($p = 0,055$) und von „5-15 cm“ ($p = 0,069$) marginal signifikant unterscheidet.

Tabelle 4-2: Übersicht über die p-Werte der Keimraten, bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 238.

Nutzungstyp (I)	Nutzungstyp (J)	Keimrate
Fischhälter	Fischteich	0,313
	naturnahe Standorte	0,054
Fischteiche	Fischhälter	0,313
	naturnahe Standorte	0,323
naturnahe Standorte	Fischhälter	0,054
	Fischteich	0,323
Fraktion (I)	Fraktion (J)	
0-5 cm	5-15 cm	0,923
	oberirdisch	0,055
5-15 cm	0-5 cm	0,923
	oberirdisch	0,069
oberirdisch	0-5 cm	0,055
	5-15 cm	0,069

In Abbildung 4-1 werden die Ergebnisse der Keimraten bezüglich Nutzungstyp und Fraktion graphisch dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Keimrate der naturnahen Standorte (Mittelwert 96,91%) höher ist als jene der Fischhälter (Mittelwert 82,64%). Weiters weisen naturnahe Standorte eine geringere Varianz auf, die Fischhälter eine sehr hohe. Die Fischteiche liegen im Mittelfeld.

Die oberirdische Fraktion weist in den Fischhältern eine eher schlechte Keimrate auf, die bis auf nur knapp 20% hinunter gehen kann.

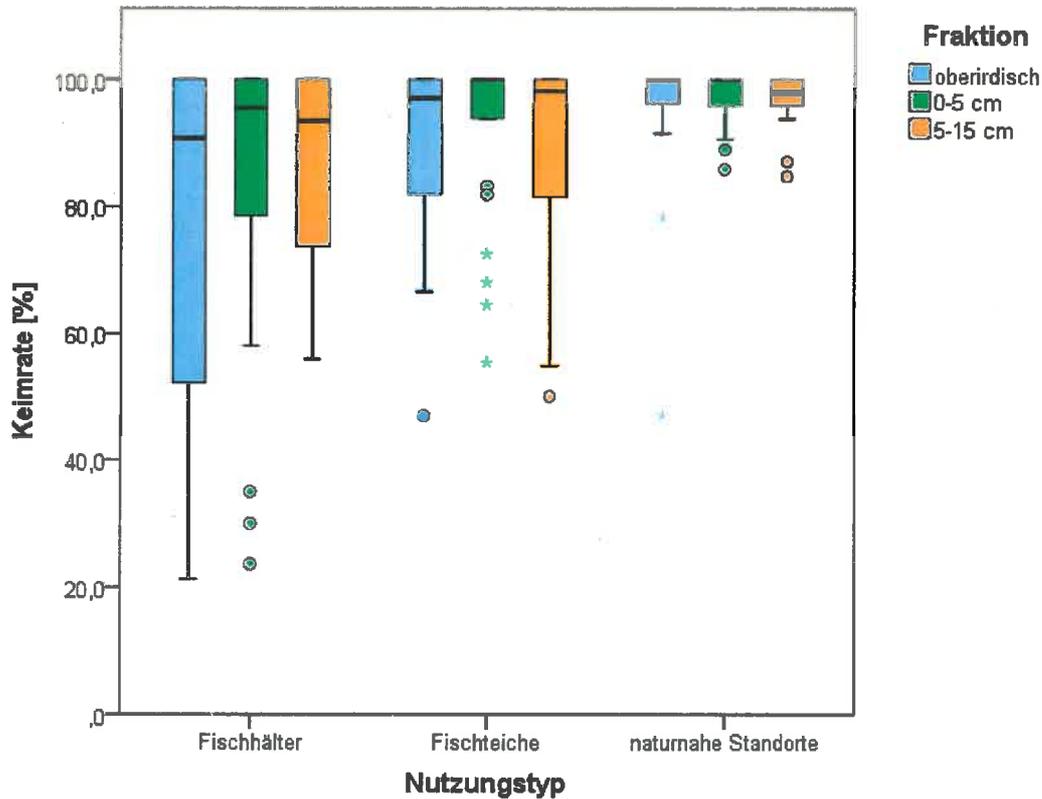


Abbildung 4-1: Boxplots der Keimraten [%] in Bezug auf die Nutzungstypen ($p = 0,144$) und Fraktionen ($p = 0,097$), $n = 238$.

In Tabelle 4-3 sind die p-Werte der Keimgeschwindigkeit hinsichtlich der Nutzungstypen und Fraktionen aufgelistet. Fischhälter und naturnahe Standorte weisen mit dem p-Wert von 0,060 einen marginal signifikanten Unterschied auf. Die oberirdische Fraktion unterscheidet sich von der Fraktion „0-5 cm“ mit dem p-Wert von 0,001 und von der Fraktion „5-15 cm“ mit dem p-Wert von $\leq 0,001$ signifikant.

Tabelle 4-3: Übersicht über die p-Werte der Keimgeschwindigkeit (T50), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Nutzungstypen bzw. Fraktionen, $n = 238$.

Nutzungstyp (I)	Nutzungstyp (J)	T50
Fischhälter	Fischteich	0,272
	naturnahe Standorte	0,060
Fishteiche	Fischhälter	0,272
	naturnahe Standorte	0,404
naturnahe Standorte	Fischhälter	0,060
	Fishteich	0,404

Fraktion (I)	Fraktion (J)	
0-5 cm	5-15 cm	0,579
	oberirdisch	0,001
5-15 cm	0-5 cm	0,579
	oberirdisch	0,000
oberirdisch	0-5 cm	0,001
	5-15 cm	0,000

Abbildung 4-2 zeigt die Keimgeschwindigkeiten der einzelnen Fraktionen. Die oberirdische Fraktion weist mit 5,94 Tagen die langsamste mittlere Keimgeschwindigkeit auf. Die Fraktion „0-5 cm“ weist mit durchschnittlich 5,27 Tagen eine schnellere Keimgeschwindigkeit auf, auch die Fraktion „5-15 cm“ weist eine ähnliche Keimgeschwindigkeit auf (5,16 Tage). Weiters ist in der Abbildung zu erkennen, dass diese zwei Fraktionen eine geringere Variabilität aufweisen.

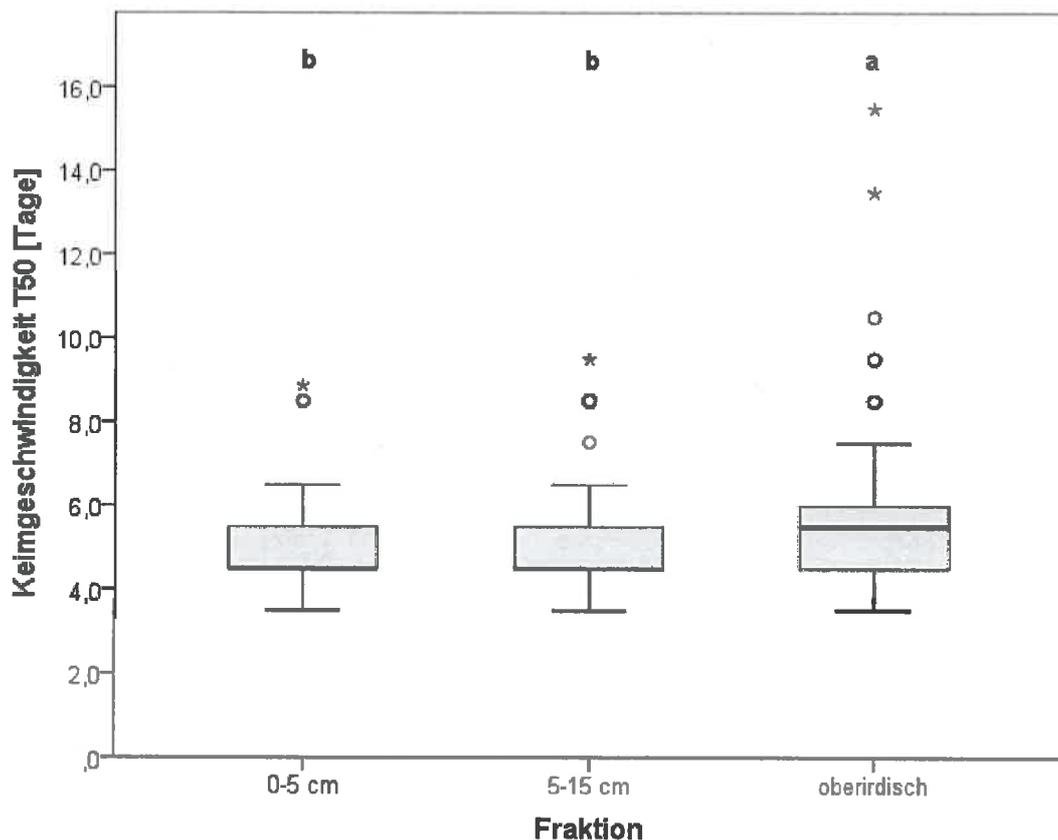


Abbildung 4-2: Boxplots der Keimgeschwindigkeit (T50) [Tage] in Bezug auf die Fraktionen ($p \leq 0,001$), $n = 238$.

Die Ergebnisse der Tabelle 4-3 sind in Abbildung 4-3 graphisch dargestellt. Die naturnahen Standorte weisen einen Mittelwert von 4,72 Tagen auf, somit keimten diese am schnellsten. Die Samen aus den Fischhältern brauchten mit durchschnittlich 6,28 Tagen am längsten für die Keimung. Die oberirdische Fraktion weist jeweils in den Fischteichen und Fischhältern Ausreißer auf.

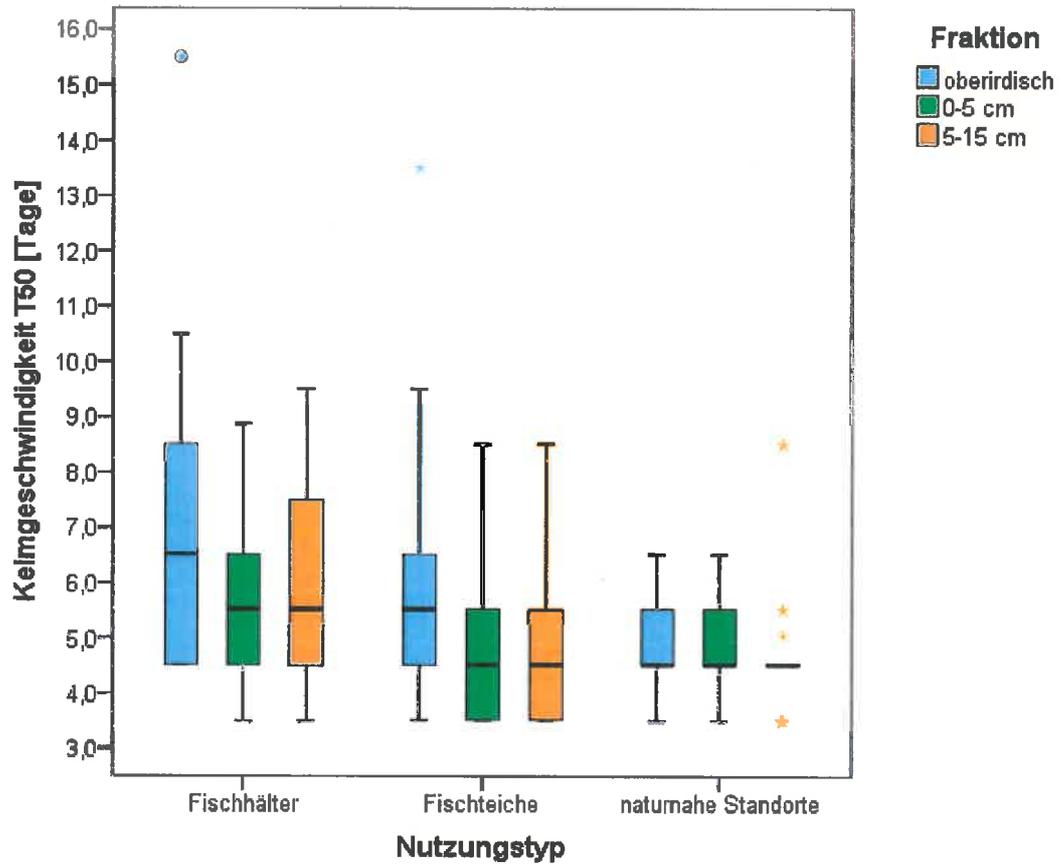


Abbildung 4-3: Boxplots der Keimgeschwindigkeit (T50) [Tage] in Bezug auf die Nutzungstypen ($p = 0,159$) und Fraktionen ($p \leq 0,001$), $n = 238$.

4.2. Ergebnisse des Wasserstandsversuchs

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Wasserstandsversuchs dargestellt. Von den insgesamt 1350 Pflanzen sind während des Versuches drei gestorben, alle anderen haben den Wasserstandsversuch überlebt, weshalb die Auswertung des Überlebens der Pflanzen zu vernachlässigen ist.

4.2.1. Blühsraten zum ersten Monitoringtermin

Abbildung 4-4 bzw. Tabelle 4-4 zeigen den Anteil der blühenden Pflanzen zum ersten Monitoringtermin aufgeteilt nach den Nutzungstypen. Bereits 60,9% der Pflanzen aus den Fischhältern blühten zu diesem Zeitpunkt. Im Gegensatz dazu konnten nur 33,1% der Pflanzen aus den naturnahen Standorten Blüten aufweisen. Bei jenen aus den Fischteichen blühte mit 48,2% ungefähr die Hälfte aller Pflanzen.

Auch wenn die Ergebnisse mit einem p-Wert von 0,297 nicht signifikant sind, sind die Unterschiede in Abbildung 4-4 trotzdem gut ersichtlich.

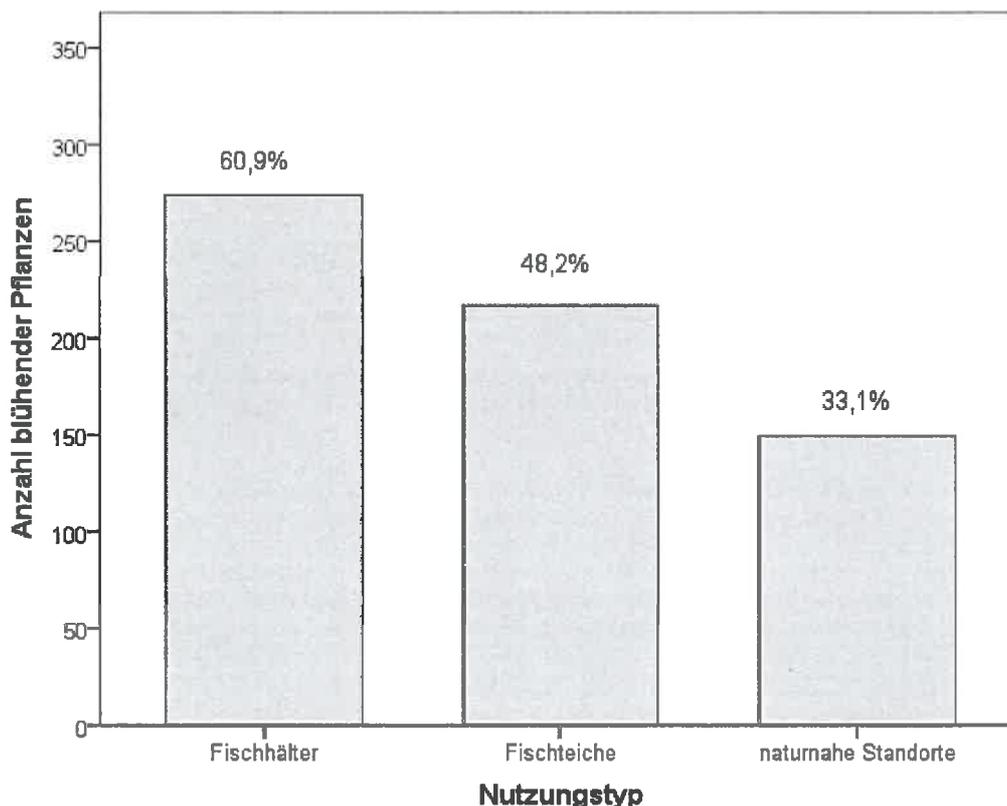


Abbildung 4-4: Anzahl bzw. Prozent der blühenden Pflanzen/Nutzungstyp (zum 1. Monitoringtermin), n = 1350.

Tabelle 4-4: Anzahl der blühenden Pflanzen bzw. Blütrate [%] der Pflanzen (zum 1. Monitoringtermin) bezogen auf die einzelnen Nutzungstypen (n/Nutzungstyp = 450, n = 1350).

Nutzungstyp	Anzahl blühender Pflanzen	Blütrate [%]
Fischhälter	274	60,9
Fischteiche	217	48,2
naturnahe Standorte	149	33,1

Wie auch in Tabelle 4-5 ersichtlich, unterscheiden sich die einzelnen Nutzungstypen und Fraktionen hinsichtlich der blühenden Pflanzen nicht signifikant voneinander.

Tabelle 4-5: Übersicht über die p-Werte, ob die Pflanze blüht (zum 1. Monitoringtermin), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1350.

Nutzungstyp (I)	Nutzungstyp (J)	blühend
Fischhälter	Fischteich	0,469
	naturnahe Standorte	0,127
Fischteiche	Fischhälter	0,469
	naturnahe Standorte	0,390
naturnahe Standorte	Fischhälter	0,127
	Fischteich	0,390
Fraktion (I)	Fraktion (J)	
0-5 cm	5-15 cm	0,619
	oberirdisch	0,416
5-15 cm	0-5 cm	0,619
	oberirdisch	0,751
oberirdisch	0-5 cm	0,416
	5-15 cm	0,751

4.2.2. Korrelationen der einzelnen Faktoren

Wie in Tabelle 4-6 ersichtlich, korrelieren viele Faktoren miteinander, fett hervorgehobene Werte weisen eine sehr hohe Korrelation auf. Die höchste Korrelation weisen die Faktoren Anzahl Triebe/Anzahl Blühtriebe mit 0,965 auf. Eine ebenfalls sehr hohe Korrelation lässt sich bei der Anzahl der Blätter mit Anzahl Blühtriebe bzw. Anzahl Triebe (0,912 bzw. 0,903)

feststellen. Die relative Zuwachsrate der Blätter korreliert mit der Anzahl der Blätter (0,806) ebenfalls hoch. Die geringste Korrelation weist die Pflanzenhöhe mit der Anzahl der Blühtriebe auf (0,127).

Tabelle 4-6: Übersicht über die Korrelationen zwischen den einzelnen Faktoren; Biomasse, RGR Blätter (relative Wachstumsrate Blätter; inkl. Stängel), RGR Triebe (relative Wachstumsrate Triebe), Höhe, Anzahl der Blühtriebe, Blattbreite, längstes Blatt, Anzahl der Triebe und Anzahl der Blätter (jeweils zum 3. Monitoringtermin), sehr hohe Korrelationen sind fett hervorgehoben.

	Biomasse	RGR Blätter	RGR Triebe	Höhe	Anzahl Blühtriebe	Blattbreite	längstes Blatt	Anzahl Triebe	Anzahl Blätter
Biomasse	-	0,488	0,551	0,589	0,679	0,411	0,642	0,669	0,780
RGR Blätter	0,488	-	0,701	0,064	0,746	0,455	0,307	0,715	0,806
RGR Triebe	0,551	0,701	-	0,183	0,776	0,314	0,344	0,800	0,754
Höhe	0,589	0,064	0,183	-	0,127	0,035	0,581	0,155	0,237
Anzahl Blühtriebe	0,679	0,746	0,776	0,127	-	0,260	0,302	0,965	0,912
Blattbreite	0,411	0,455	0,314	0,035	0,260	-	0,464	0,203	0,373
längstes Blatt	0,642	0,307	0,344	0,581	0,302	0,464	-	0,290	0,443
Anzahl Triebe	0,669	0,715	0,800	0,155	0,965	0,203	0,290	-	0,903
Anzahl Blätter	0,780	0,806	0,754	0,237	0,912	0,373	0,443	0,903	-

In Abbildung 4-5 und Abbildung 4-6 sind ausgewählte Korrelationen der Tabelle 4-6 mittels Streudiagramm graphisch dargestellt. Die erste Graphik in Abbildung 4-5 zeigt den Zusammenhang der Faktoren RGR Blätter und Anzahl Blätter, die zweite den der Faktoren RGR Triebe und Anzahl Triebe. In beiden Graphiken ist ein exponentieller Zusammenhang erkennbar. Je mehr Blätter eine Pflanze hat, desto höher ist die relative Wachstumsrate der Blätter. Dieselbe Aussage kann auch in Bezug auf die Triebe gemacht werden, je höher die Anzahl der Triebe bei einer Pflanze ist, desto höher ist auch die relative Wachstumsrate dieser.

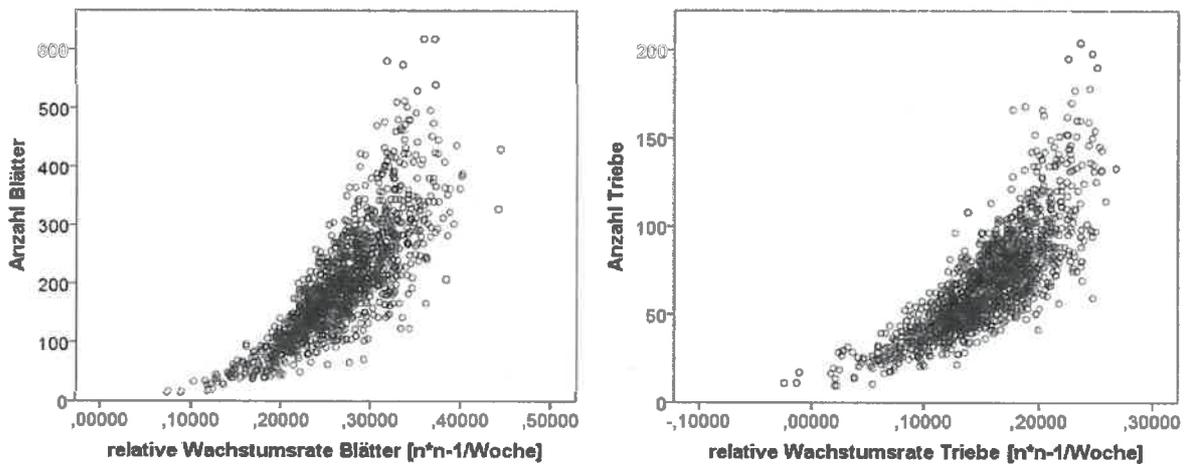


Abbildung 4-5: Darstellung der Korrelationen der Faktoren RGR Blätter (relative Wachstumsrate Blätter; inkl. Stängel) und Anzahl Blätter (links) bzw. RGR Triebe (relative Wachstumsrate Triebe) und Anzahl Triebe (rechts) mittels Streudiagramm (zum 3. Monitoringtermin).

Der Korrelationskoeffizient für die Faktoren Anzahl Blühtriebe und Anzahl Triebe ist, wie in Tabelle 4-6 ersichtlich, 0,965. Dieser sehr hohe Zusammenhang der Faktoren ist in der linken Graphik der Abbildung 4-6 ersichtlich. In der rechten Graphik dieser Abbildung ist der Zusammenhang der Faktoren Anzahl Blätter und Anzahl Triebe (Korrelationswert 0,903) ersichtlich. In beiden Graphiken ist der lineare Zusammenhang sehr gut erkennbar. Je mehr Triebe eine Pflanze zum dritten Monitoringtermin hat, desto mehr Blüten bzw. Blätter weist diese Pflanze auf. Weiters ist erkennbar, dass der Wert der Anzahl der Triebe sehr nahe bei dem Wert der Anzahl der Blühtriebe ist, d.h. dass meist jeder Trieb auch eine Infloreszenz aufweist.

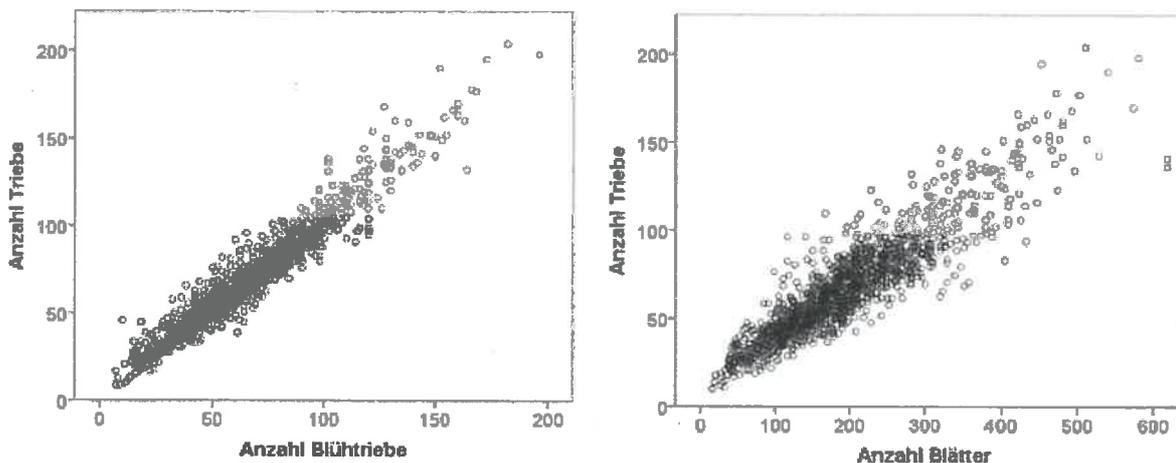


Abbildung 4-6: Darstellung der Korrelationen der Faktoren Anzahl Blühtriebe und Anzahl Triebe (links) bzw. Anzahl Blätter und Anzahl Triebe (rechts) mittels Streudiagramm (zum 3. Monitoringtermin).

4.2.3. Ergebnisse des dritten Monitoringtermins

Die folgende Tabelle 4-7 zeigt die Ergebnisse des gemischten linearen Modells in Bezug auf die Biomasse, RGR Blätter, RGR Triebe und die Höhe. Es ist zu erkennen, dass das Wasserlevel einen signifikanten Einfluss auf die Biomasse ($p = 0,029$), auf die relative Wachstumsrate der Blätter ($p \leq 0,001$) und auf die Höhe der Pflanzen ($p \leq 0,001$) hat, hinsichtlich der relativen Wachstumsrate der Triebe ist der Einfluss mit einem p-Wert von 0,050 als marginal signifikant einzustufen. Die weiteren festen Faktoren wie Nutzungstyp, Fraktion, Wasserlevel*Nutzungstyp und Wasserlevel*Fraktion weisen keine signifikanten Einflüsse auf.

Tabelle 4-7: Übersicht über die p-Werte der festen und zufälligen Faktoren des gemischten linearen Modells zur Biomasse, RGR Blätter (relative Wachstumsrate Blätter; inkl. Stängel), RGR Triebe (relative Wachstumsrate Triebe) und Höhe, $n = 1347$.

feste Faktoren	Biomasse	RGR Blätter	RGR Triebe	Höhe
Wasserlevel	0,029	0,000	0,050	0,000
Nutzungstyp	0,410	0,691	0,923	0,553
Fraktion	0,332	0,553	0,409	0,236
Wasserlevel*Nutzungstyp	0,406	0,074	0,303	0,613
Wasserlevel*Fraktion	0,667	0,703	0,450	0,975
zufällige Faktoren				
Reihe_Tischtank	0,007	0,013	0,016	0,003
Plot	0,036	0,311	0,081	0,022
Plot_Fraktion_Familie	0,000	0,000	0,000	0,000
Wasserlevel*Plot	0,024	0,017	0,025	0,033
Wasserlevel*Plot_Fraktion_Familie	0,000	0,153	0,246	0,156

In Tabelle 4-8 sind die p-Werte der Biomasse hinsichtlich der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen und Fraktionen aufgelistet. Es ist zu erkennen, dass sich die einmalige Überstauung signifikant ($p = 0,010$) von der variablen Überstauung unterscheidet. Das nicht überstaute Wasserlevel unterscheidet sich zwar nicht signifikant von der einmaligen Überstauung, jedoch ist mit dem p-Wert von 0,079 auch hier der Unterschied als nicht ganz zufällig einzuschätzen. Zwischen den einzelnen Nutzungstypen und Fraktionen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Tabelle 4-8: Übersicht über die p-Werte der Biomasse (nach dem 3. Monitoringtermin), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, $n = 1347$.

Wasserlevel (I)	Wasserlevel (J)	Biomasse
nicht überstaut	einmalige Überstauung	0,079
	variabel	0,664
einmalige Überstauung	nicht überstaut	0,079
	variabel	0,010
variabel	nicht überstaut	0,664
	einmalige Überstauung	0,010
Nutzungstyp (I)	Nutzungstyp (J)	
Fischhälter	Fischteiche	0,252
	naturnahe Standorte	0,254
Fischteiche	Fischhälter	0,252
	naturnahe Standorte	0,996
naturnahe Standorte	Fischhälter	0,254
	Fischteiche	0,996
Fraktion (I)	Fraktion (J)	
0-5 cm	5-15 cm	0,139
	oberirdisch	0,406
5-15 cm	0-5 cm	0,139
	oberirdisch	0,516
oberirdisch	0-5 cm	0,406
	5-15 cm	0,516

Abbildung 4-7 zeigt die Boxplots der Biomasse, aufgeteilt nach den drei Wasserlevels. Der signifikante Unterschied zwischen der einmaligen Überstauung und dem variablen Wasserlevel, der in Tabelle 4-8 gezeigt wurde, ist auch hier zu erkennen. Die Biomasse jener Pflanzen, die einer einmaligen Überstauung ausgesetzt wurden, beträgt im Mittel 3,983 g und somit am meisten. Die Pflanzen des variablen Wasserlevels weisen mit 3,346 g die geringste Biomasse auf, jene des nicht überstauten Wasserlevels liegen zwischen der einmaligen Überstauung und dem variablen Wasserlevel. Diese zwei Wasserlevel weisen aber auch eine relativ hohe Varianz auf, die Biomasse der Pflanzen des nicht überstauten Wasserlevels ist daher als homogener einzustufen.

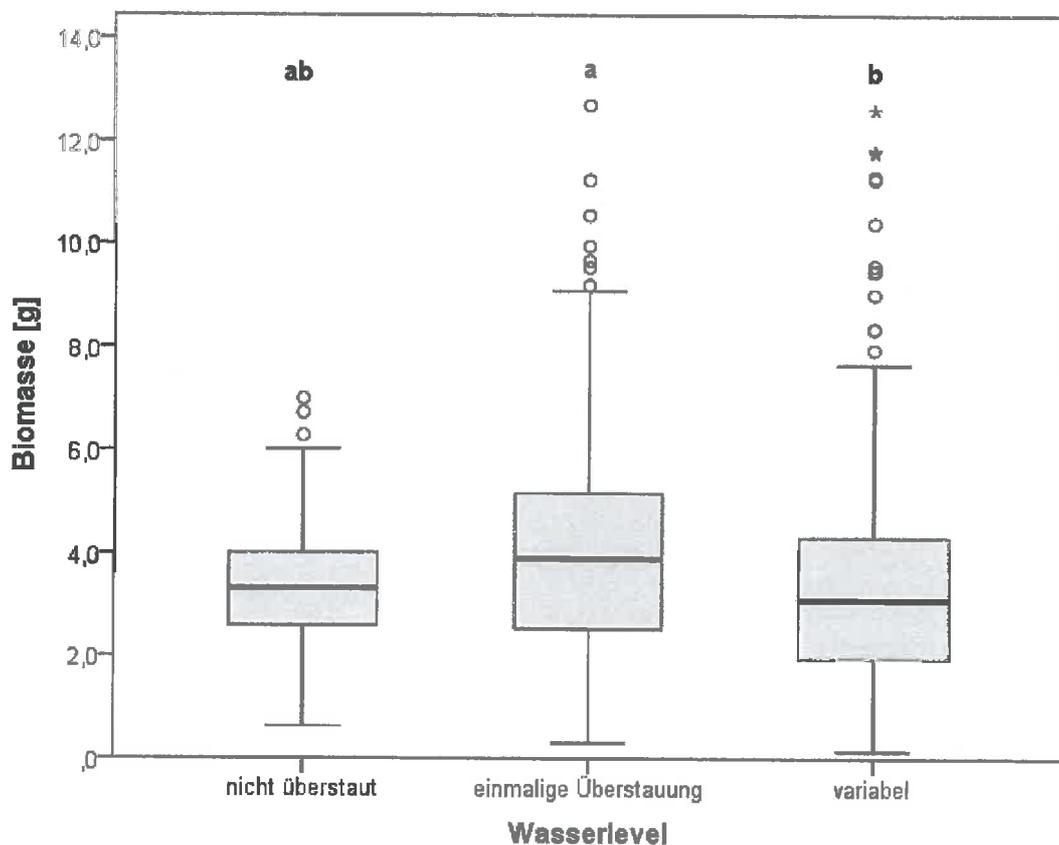


Abbildung 4-7: Boxplots der Biomasse [g] (nach dem 3. Monitoringtermin), bezogen auf die einzelnen Wasserlevels ($p = 0,029$), $n = 1347$.

Auch Abbildung 4-8 zeigt, dass die Pflanzen des nicht überstauten Wasserlevels hinsichtlich der Biomasse eine geringe Varianz aufweisen, dies ist auch zwischen den einzelnen Nutzungstypen erkennbar. Pflanzen aus den Fischhältern weisen in allen drei Wasserlevels immer die geringste Biomasse auf (Mittelwert 3,054 g). Jene Pflanzen aus den Fischteichen und den naturnahen Standorten sind sich bei den Mittelwerten von 3,874 g bzw. 3,871 g sehr ähnlich. Im variablen Wasserlevel ist jedoch erkennbar (Abbildung 4-8), dass die Pflanzen aus den naturnahen Standorten eine höhere Biomasse aufweisen, als jene der Fischteiche oder Fischhälter.

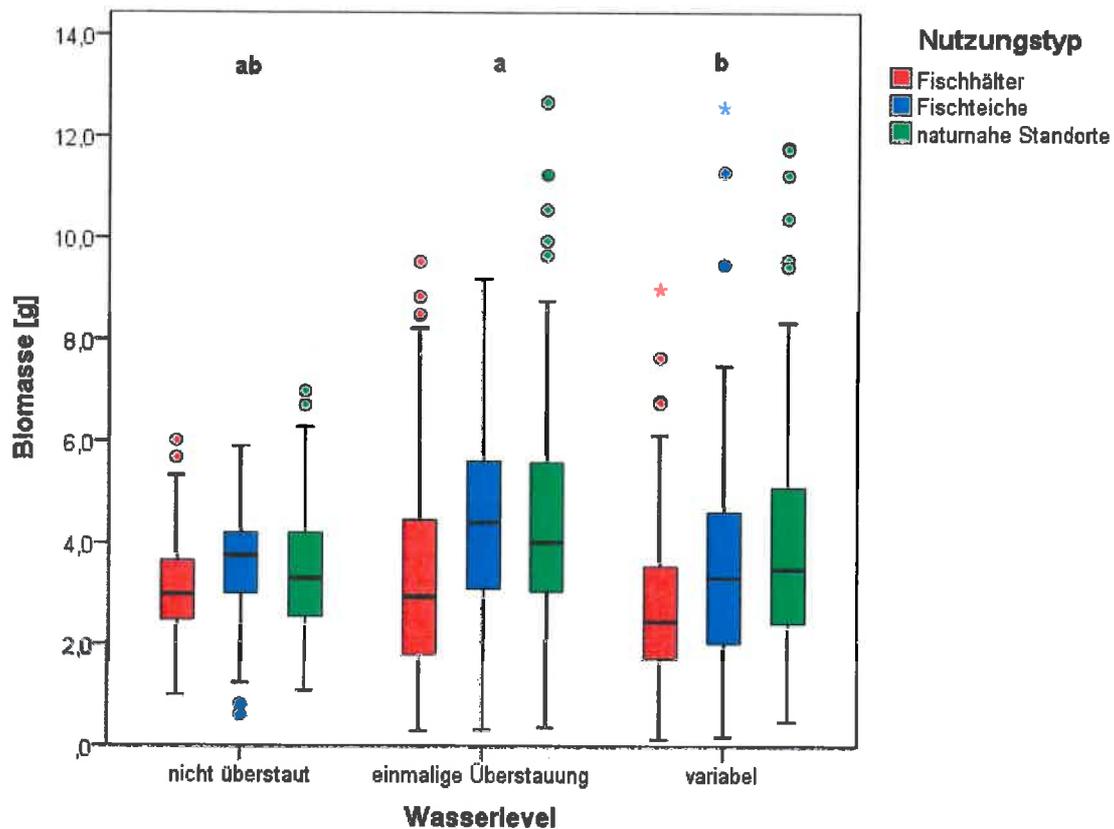


Abbildung 4-8: Boxplots der Biomasse [g] (nach dem 3. Monitoringtermin) in Bezug auf die Wasserlevels ($p = 0,029$) und Nutzungstypen ($p = 0,410$), $n = 1347$.

In Tabelle 4-9 sind die p-Werte der relativen Wachstumsraten der Blätter hinsichtlich der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen und Fraktionen aufgelistet. Es ist zu erkennen, dass sich alle drei Wasserlevels hoch-signifikant voneinander unterscheiden. Zwischen den einzelnen Nutzungstypen und Fraktionen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Tabelle 4-9: Übersicht über die p-Werte der RGR Blätter (relative Wachstumsrate; Inkl. Stängel), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1347.

Wasserlevel (I)	Wasserlevel (J)	RGR Blätter
nicht überstaut	einmalige Überstauung	0,001
	variabel	0,000
einmalige Überstauung	nicht überstaut	0,001
	variabel	0,000
variabel	nicht überstaut	0,000
	einmalige Überstauung	0,000
Nutzungstyp (I)	Nutzungstyp (J)	
Fischhälter	Fischteiche	0,403
	naturnahe Standorte	0,618
Fischteiche	Fischhälter	0,403
	naturnahe Standorte	0,727
naturnahe Standorte	Fischhälter	0,618
	Fischteiche	0,727
Fraktion (I)	Fraktion (J)	
0-5 cm	5-15 cm	0,292
	oberirdisch	0,447
5-15 cm	0-5 cm	0,292
	oberirdisch	0,769
oberirdisch	0-5 cm	0,447
	5-15 cm	0,769

Abbildung 4-9 zeigt die mittleren relativen Wachstumsraten der Blätter hinsichtlich der drei Wasserlevels anhand von Boxplots. Pflanzen des variablen Wasserlevels weisen die geringste Wachstumsrate auf (Mittelwert 0,2292), jene Pflanzen die keiner Überstauung ausgesetzt wurden, haben mit einem Mittelwert von 0,3012 die größte Wachstumsrate.

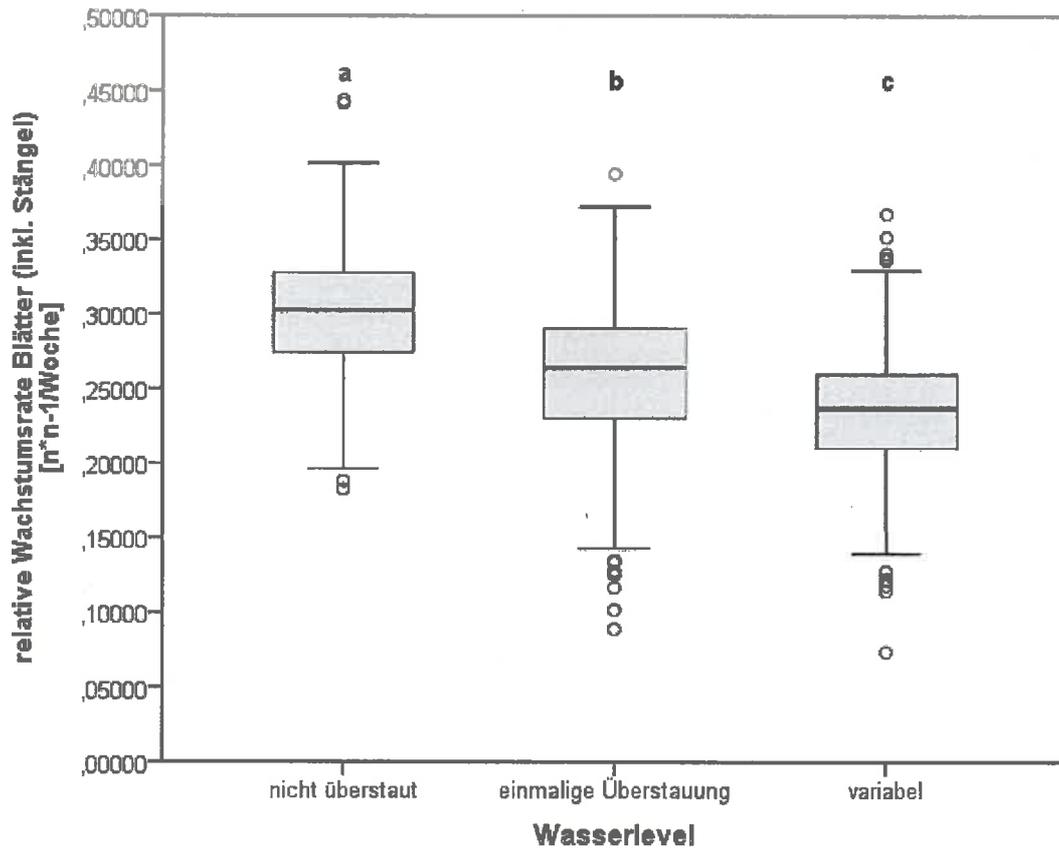


Abbildung 4-9: Boxplots der relativen Wachstumsrate Blätter (inkl. Stängel) [$n \cdot n - 1 / \text{Woche}$] bezogen auf die einzelnen Wasserlevels ($p \leq 0,001$), $n = 1347$.

Abbildung 4-10 zeigt die mittlere relative Wachstumsrate der Blätter und die Interaktion der Wasserlevels und Nutzungstypen. Es ist ein ähnliches Bild wie in Abbildung 4-8 erkennbar, Pflanzen aus naturnahen Standorten haben im variablen Wasserlevel eine etwas höhere relative Wachstumsrate gegenüber den Pflanzen aus Fischteichen und Fischhältern. Bei der einmaligen Überstauung ist hinsichtlich der Nutzungstypen die größte Variabilität zu erkennen.

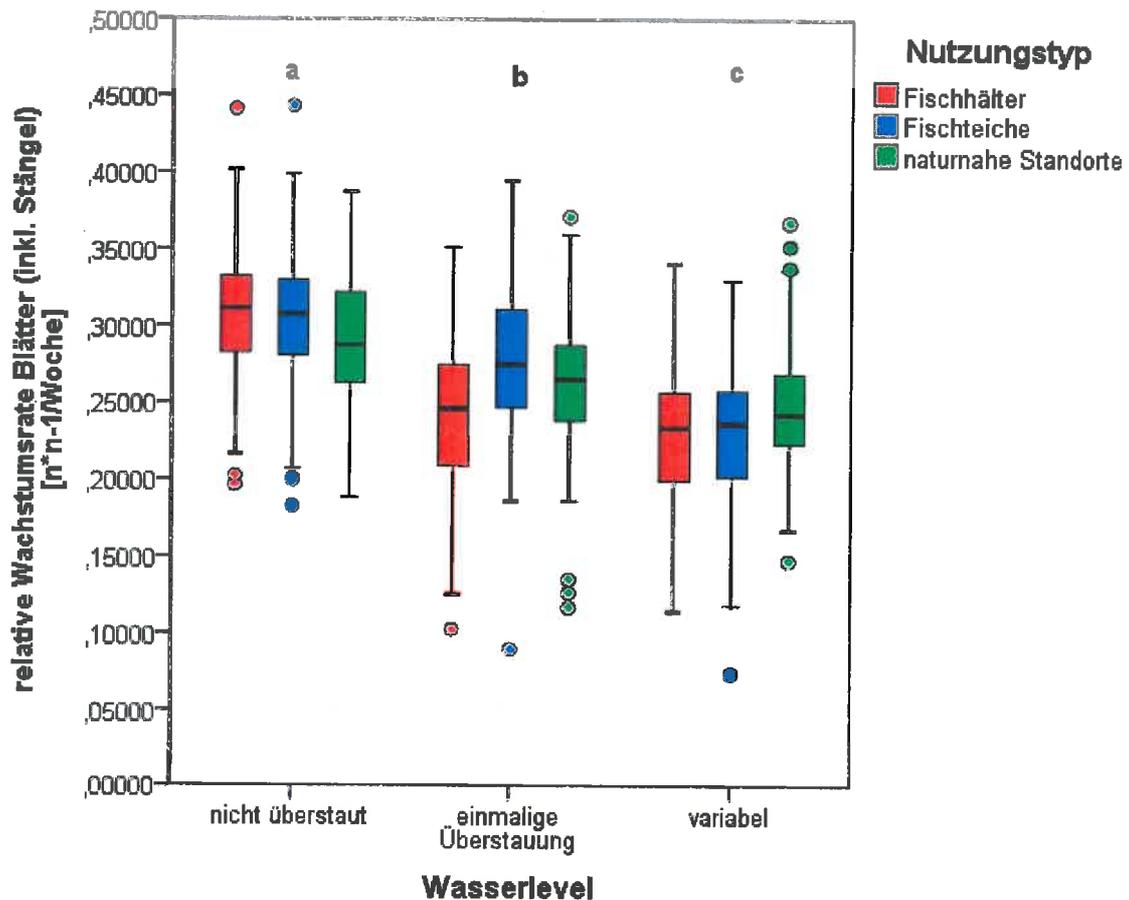


Abbildung 4-10: Boxplots der relativen Wachstumsrate Blätter (Inkl. Stängel) [$n \cdot n - 1 / \text{Woche}$] in Bezug auf die Wasserlevels ($p \leq 0,001$) und Nutzungstypen ($p = 0,691$), $n = 1347$.

In Tabelle 4-10 sind die p-Werte der relativen Wachstumsrate der Triebe hinsichtlich der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen und Fraktionen aufgelistet. Es ist zu erkennen, dass sich das nicht überstaute Wasserlevel signifikant ($p = 0,016$) vom variablen Wasserlevel unterscheidet. Dies ist auch in Abbildung 4-11 graphisch dargestellt, wobei auch zu erkennen ist, dass die Pflanzen des nicht überstauten Wasserlevels den größten Triebzuwachs hatten.

Zwischen den einzelnen Nutzungstypen und Fraktionen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Tabelle 4-10: Übersicht über die p-Werte der RGR Triebe (relative Wachstumsrate Triebe), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1347.

Wasserlevel (I)	Wasserlevel (J)	RGR Triebe
nicht überstaut	einmalige Überstauung	0,157
	variabel	0,016
einmalige Überstauung	nicht überstaut	0,157
	variabel	0,222
variabel	nicht überstaut	0,016
	einmalige Überstauung	0,222
Nutzungstyp (I)	Nutzungstyp (J)	
Fischhälter	Fischteiche	0,709
	naturnahe Standorte	0,771
Fischteiche	Fischhälter	0,709
	naturnahe Standorte	0,934
naturnahe Standorte	Fischhälter	0,771
	Fischteiche	0,934
Fraktion (I)	Fraktion (J)	
0-5 cm	5-15 cm	0,184
	oberirdisch	0,596
5-15 cm	0-5 cm	0,184
	oberirdisch	0,425
oberirdisch	0-5 cm	0,596
	5-15 cm	0,425

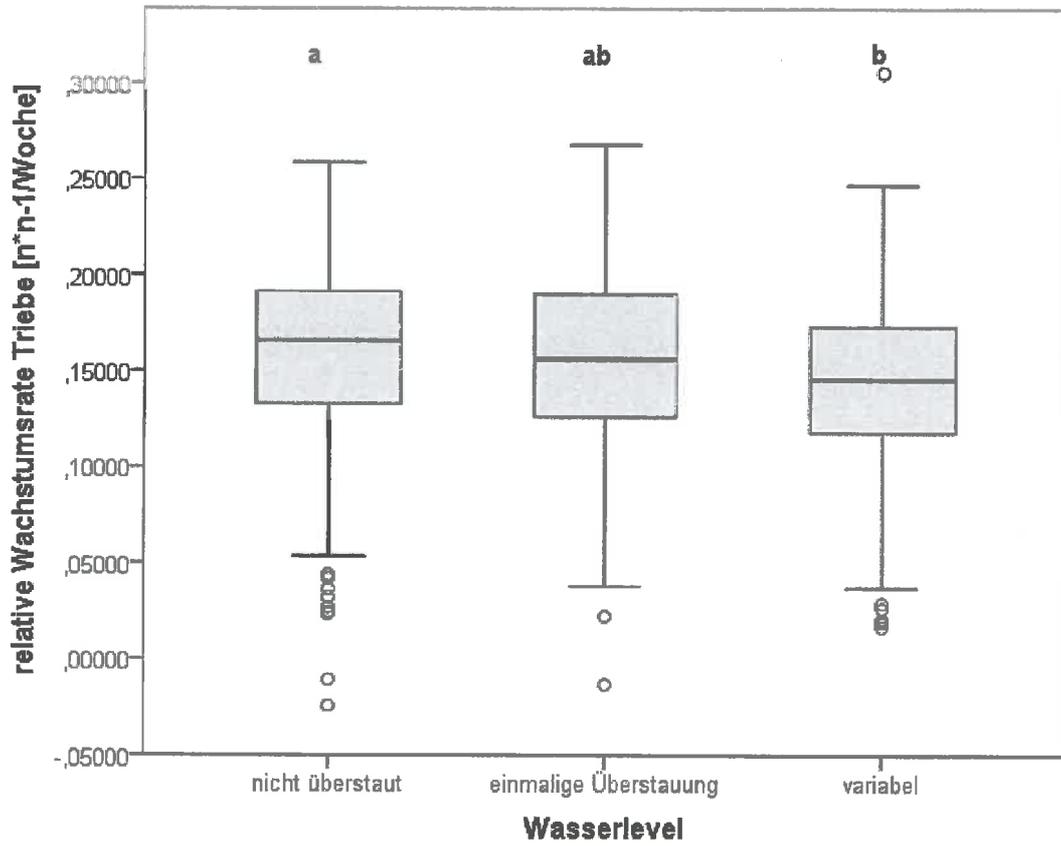


Abbildung 4-11: Boxplots der relativen Wachstumsrate Triebe [$n \cdot n - 1 / \text{Woche}$] bezogen auf die einzelnen Wasserlevels ($p = 0,050$), $n = 1347$.

In Tabelle 4-11 ist ersichtlich, dass sich die Höhe der Pflanzen des nicht überstauten Wasserlevels signifikant von jenen Pflanzen der einmaligen Überstauung und des variablen Wasserlevels unterscheidet. Die einmalige Überstauung unterscheidet sich mit dem p-Wert 0,051 marginal signifikant vom variablen Wasserlevel. Die Nutzungstypen und Fraktionen weisen keine signifikanten Unterschiede auf.

Tabelle 4-11: Übersicht über die p-Werte der Höhe (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1347.

Wasserlevel (I)	Wasserlevel (J)	Höhe
nicht überstaut	einmalige Überstauung	0,000
	variabel	0,000
einmalige Überstauung	nicht überstaut	0,000
	variabel	0,051
variabel	nicht überstaut	0,000
	einmalige Überstauung	0,051
Nutzungstyp (I)	Nutzungstyp (J)	
Fischhälter	Fischteiche	0,305
	naturnahe Standorte	0,436
Fischteiche	Fischhälter	0,305
	naturnahe Standorte	0,795
naturnahe Standorte	Fischhälter	0,436
	Fischteiche	0,795
Fraktion (I)	Fraktion (J)	
0-5 cm	5-15 cm	0,181
	oberirdisch	0,810
5-15 cm	0-5 cm	0,181
	oberirdisch	0,115
oberirdisch	0-5 cm	0,810
	5-15 cm	0,115

Abbildung 4-12 zeigt die Einflüsse der verschiedenen Wasserlevels auf die Höhe der Pflanzen. Das nicht überstaute Wasserlevel weist im Mittel Pflanzen mit einer Höhe von 23,89 cm auf. Die höchsten Pflanzen sind im variablen Wasserlevel zu finden (Mittelwert 35,16 cm). Im Vergleich zu der einmaligen Überstauung und dem variablen Wasserlevel kann die Höhe der Pflanzen im nicht überstaute Wasserlevel als homogener eingestuft werden.

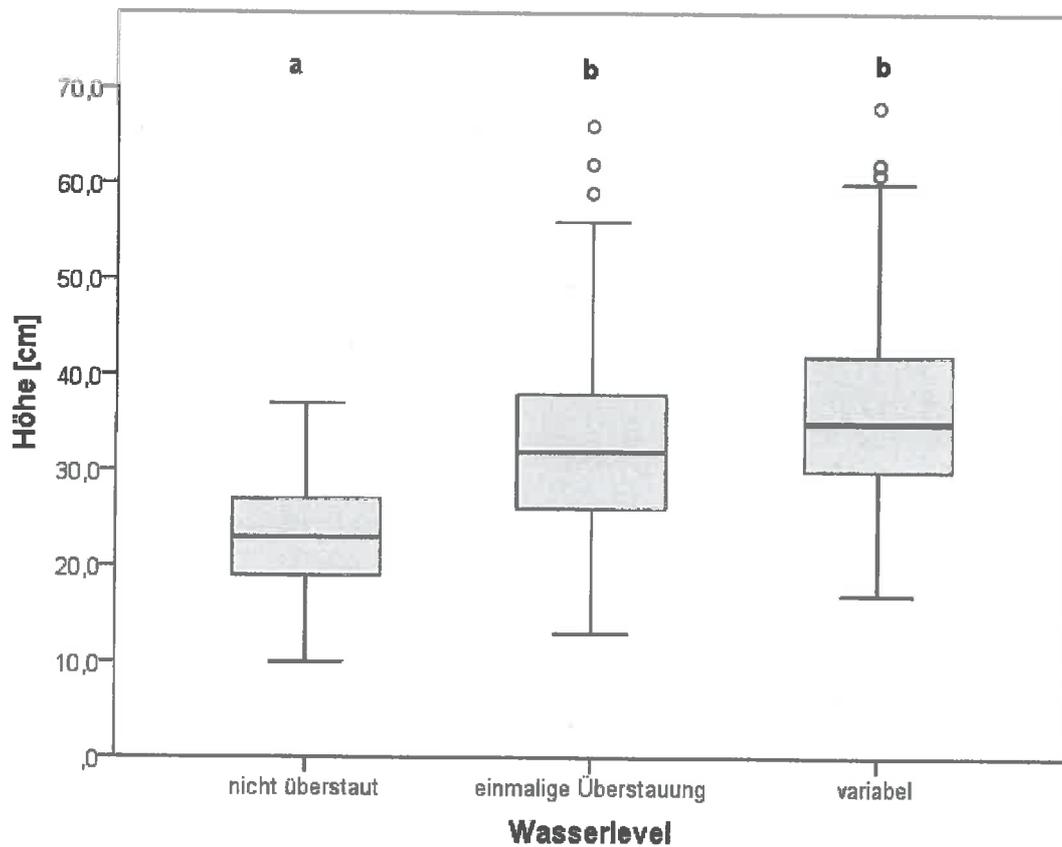


Abbildung 4-12: Boxplots der Höhe [cm] (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die einzelnen Wasserlevels ($p \leq 0,001$), $n = 1347$.

In Tabelle 4-12 ist ersichtlich, dass das Wasserlevel einen signifikanten Einfluss auf die Blattbreite ($p \leq 0,001$), die Blattlänge der längsten Blätter ($p = 0,003$), die Anzahl der Blühtriebe pro Pflanze ($p = 0,009$) und auf die Fitness ($p \leq 0,001$) hat. Die weiteren festen Faktoren wie Nutzungstyp, Fraktion, Wasserlevel*Nutzungstyp und Wasserlevel*Fraktion weisen keine signifikanten Einflüsse auf.

Tabelle 4-12: Übersicht über die p-Werte der festen und zufälligen Faktoren des gemischten linearen Modells zur Blattbreite, Blattlänge der längsten Blätter, Anzahl der Blühtriebe und Fitness zum 3. Monitoringtermin, $n = 1347$.

feste Faktoren	Blattbreite	Blattlänge der längsten Blätter	Anzahl Blühtriebe	Fitness
	Wasserlevel	0,000	0,003	0,009
Nutzungstyp	0,947	0,728	0,104	0,449
Fraktion	0,297	0,435	0,258	0,574
Wasserlevel*Nutzungstyp	0,468	0,841	0,291	0,117
Wasserlevel*Fraktion	0,728	0,636	0,272	0,888
zufällige Faktoren				
Reihe_Tischtank	0,008	0,005	0,009	0,006
Plot	0,038	0,040	0,398	0,042
Plot_Fraktion_Familie	0,000	0,000	0,000	0,000
Wasserlevel*Plot	0,038	0,009	0,031	0,021
Wasserlevel*Plot_Fraktion _Familie	0,803	0,332	0,157	0,140

In Tabelle 4-13 ist ersichtlich, dass sich die Blattbreiten der zwei breitesten Blätter (Mittelwert) der Pflanzen bei allen drei Wasserlevels hoch-signifikant voneinander unterscheiden. Die Nutzungstypen und Fraktionen weisen keine signifikanten Unterschiede auf.

Tabelle 4-13: Übersicht über die p-Werte der Blattbreite (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1347.

Wasserlevel (I)	Wasserlevel (J)	Blattbreite
nicht überstaut	einmalige Überstauung	0,000
	variabel	0,000
einmalige Überstauung	nicht überstaut	0,000
	variabel	0,003
variabel	nicht überstaut	0,000
	einmalige Überstauung	0,003
Nutzungstyp (I)	Nutzungstyp (J)	
Fischhälter	Fischteiche	0,916
	naturnahe Standorte	0,751
Fischteiche	Fischhälter	0,916
	naturnahe Standorte	0,831
naturnahe Standorte	Fischhälter	0,751
	Fischteiche	0,831
Fraktion (I)	Fraktion (J)	
0-5 cm	5-15 cm	0,145
	oberirdisch	0,800
5-15 cm	0-5 cm	0,145
	oberirdisch	0,229
oberirdisch	0-5 cm	0,800
	5-15 cm	0,229

In Abbildung 4-13 sind die signifikanten Ergebnisse der Tabelle 4-13 graphisch dargestellt. Die zwei breitesten Blätter der Pflanzen des nicht überstauten Wasserlevels haben im Mittel eine Breite von 3,59 mm, jene des variablen Wasserlevels hingegen nur eine Breite von 2,83 mm. Es ist zu erkennen, dass die Blattbreite mit zunehmender Überstauung abnimmt.

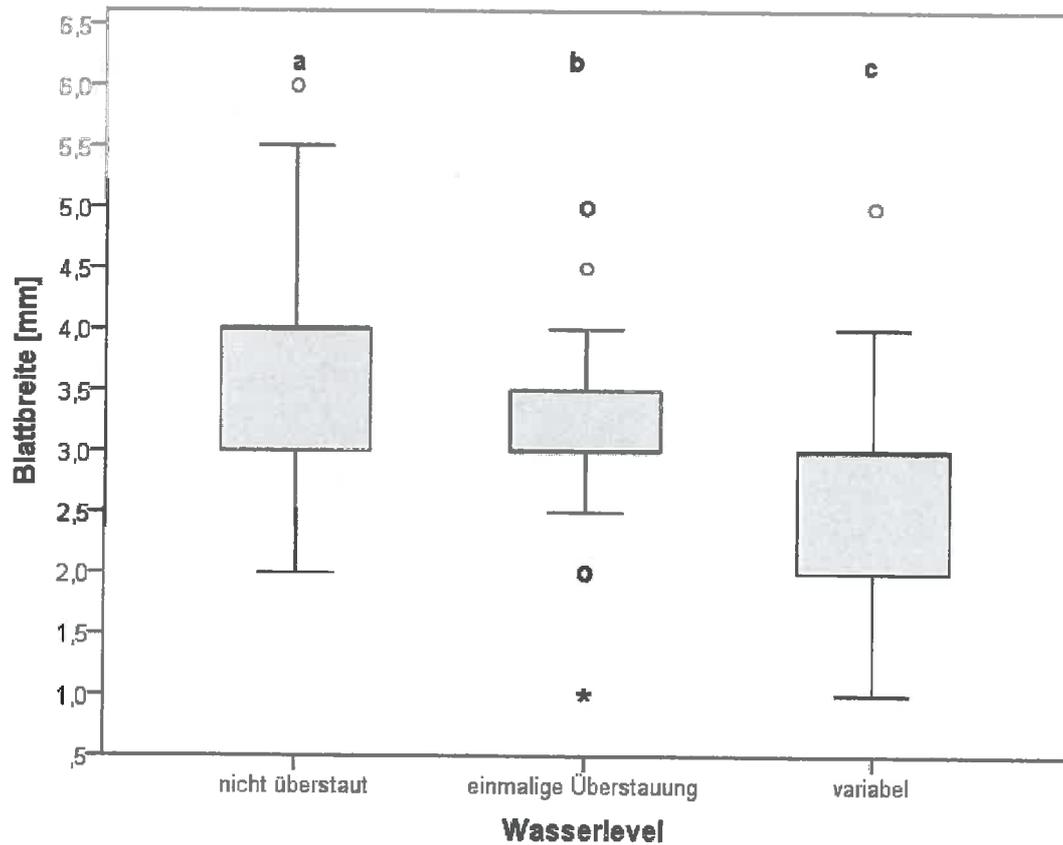


Abbildung 4-13: Boxplots der Blattbreite [mm] (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die einzelnen Wasserlevels ($p \leq 0,001$), $n = 1347$.

In Tabelle 4-14 ist ersichtlich, dass sich bezüglich der Blattlänge der längsten Blätter der Pflanzen die einmalige Überstauung signifikant ($p = 0,001$) von jenen Pflanzen des variablen Wasserlevels unterscheidet. Die Nutzungstypen und Fraktionen weisen keine signifikanten Unterschiede auf.

Tabelle 4-14: Übersicht über die p-Werte der Blattlänge der längsten Blätter (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, $n = 1347$.

Wasserlevel (I)	Wasserlevel (J)	Blattlänge der längsten Blätter
nicht überstaut	einmalige Überstauung	0,082
	variabel	0,329
einmalige Überstauung	nicht überstaut	0,082
	variabel	0,001
variabel	nicht überstaut	0,329
	einmalige Überstauung	0,001
Nutzungstyp (I)	Nutzungstyp (J)	
Fischhälter	Fischteiche	0,437
	naturnahe Standorte	0,647
Fischteiche	Fischhälter	0,437
	naturnahe Standorte	0,744
naturnahe Standorte	Fischhälter	0,647
	Fischteiche	0,744
Fraktion (I)	Fraktion (J)	
0-5 cm	5-15 cm	0,231
	oberirdisch	0,851
5-15 cm	0-5 cm	0,231
	oberirdisch	0,312
oberirdisch	0-5 cm	0,851
	5-15 cm	0,312

In Abbildung 4-14 sind die signifikanten Ergebnisse der Tabelle 4-14 graphisch dargestellt. Die Pflanzen der einmaligen Überstauung weisen im Mittel eine längste Blattlänge von 10,23 cm auf. Bei jenen des variablen Wasserlevels ist das längste Blatt im Mittel nur 8,08 cm lang.

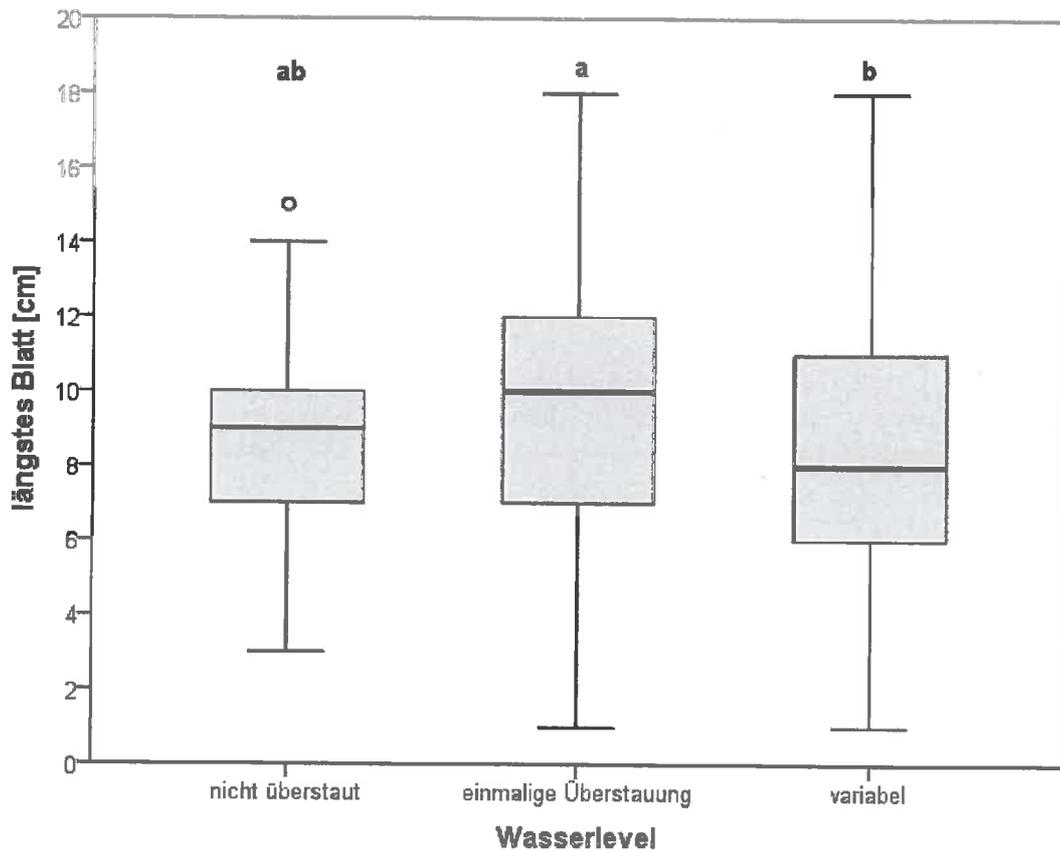


Abbildung 4-14: Boxplots der Blattlänge der längsten Blätter [cm] (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die einzelnen Wasserlevels ($p = 0,003$, $n = 1347$).

Tabelle 4-15 zeigt, dass sich die Anzahl der Blühtriebe pro Pflanze im variablen Wasserlevel signifikant von jenen aus dem nicht überstauten Wasserlevel und denen aus der einmaligen Überstauung unterscheidet. Auch hinsichtlich der Nutzungstypen kann ein signifikanter Unterschied gefunden werden. Die Pflanzen aus den Fischhältern unterscheiden sich hinsichtlich der Anzahl der Blühtriebe mit einem p-Wert von 0,043 signifikant von jenen aus den naturnahen Standorten. Bezüglich der Fraktionen kann kein signifikanter Einfluss festgestellt werden.

Tabelle 4-15: Übersicht über die p-Werte der Anzahl der Blühtriebe (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1347.

Wasserlevel (I)	Wasserlevel (J)	Anzahl Blühtriebe
nicht überstaut	einmalige Überstauung	0,521
	variabel	0,007
einmalige Überstauung	nicht überstaut	0,521
	variabel	0,013
variabel	nicht überstaut	0,007
	einmalige Überstauung	0,013
Nutzungstyp (I)	Nutzungstyp (J)	
Fischhälter	Fischteiche	0,117
	naturnahe Standorte	0,043
Fischteiche	Fischhälter	0,117
	naturnahe Standorte	0,565
naturnahe Standorte	Fischhälter	0,043
	Fischteiche	0,565
Fraktion (I)	Fraktion (J)	
0-5 cm	5-15 cm	0,225
	oberirdisch	0,116
5-15 cm	0-5 cm	0,225
	oberirdisch	0,719
oberirdisch	0-5 cm	0,116
	5-15 cm	0,719

Die Anzahl der Blühtriebe pro Pflanze ist im variablen Wasserlevel mit dem Mittelwert von 56,26 am geringsten. In Abbildung 4-15 ist auch erkennbar, dass die Variabilität allerdings auch sehr hoch ist. Es sind Ausreißer erkennbar, bei denen einige Pflanzen bis zu fast 200 Blühtriebe haben können.

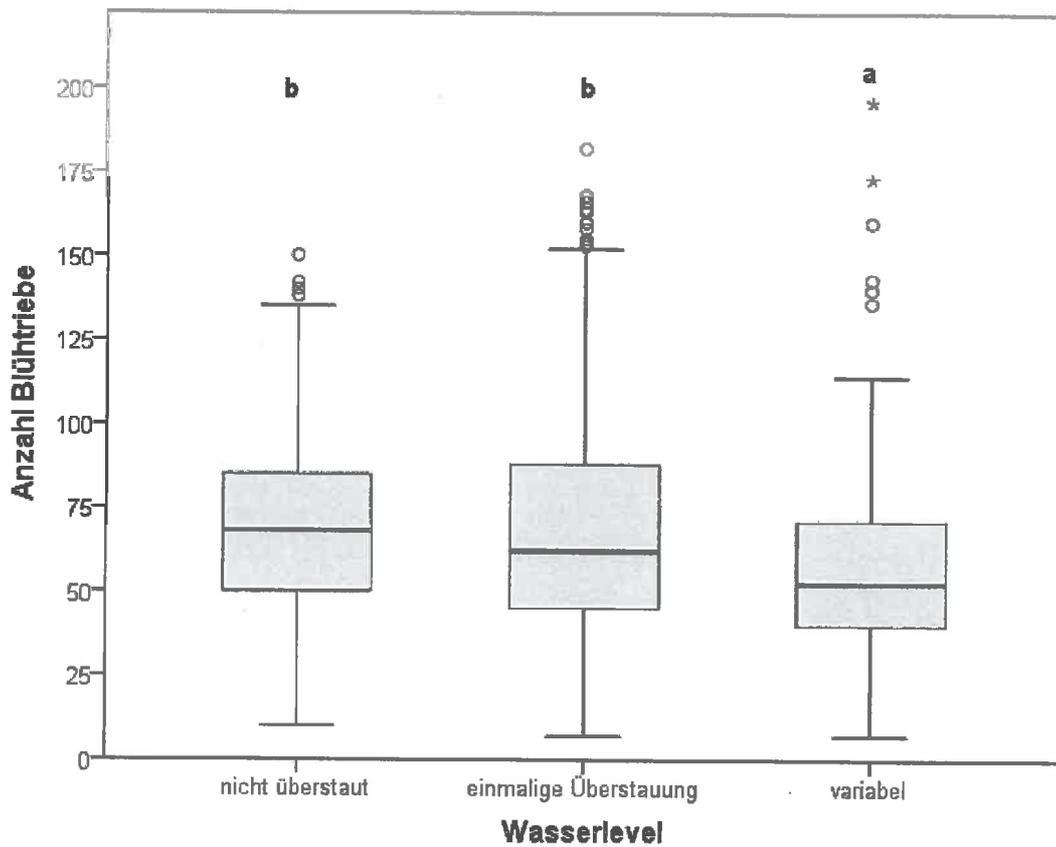


Abbildung 4-15: Boxplots der Anzahl der Blühtriebe pro Pflanze (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die einzelnen Wasserlevels ($p = 0,009$, $n = 1347$).

Der signifikante Unterschied der Anzahl der Blühtriebe pro Pflanze zwischen den Fischhältern (Mittelwert 58,07) und den naturnahen Standorten (Mittelwert 69,99), der in Tabelle 4-15 aufgezeigt wurde, ist in Abbildung 4-16 erkennbar. Pflanzen der naturnahen Standorte weisen die meisten Blühtriebe auf (Mittelwert 69,99), jene der Fischhälter die wenigsten (Mittelwert 58,07).

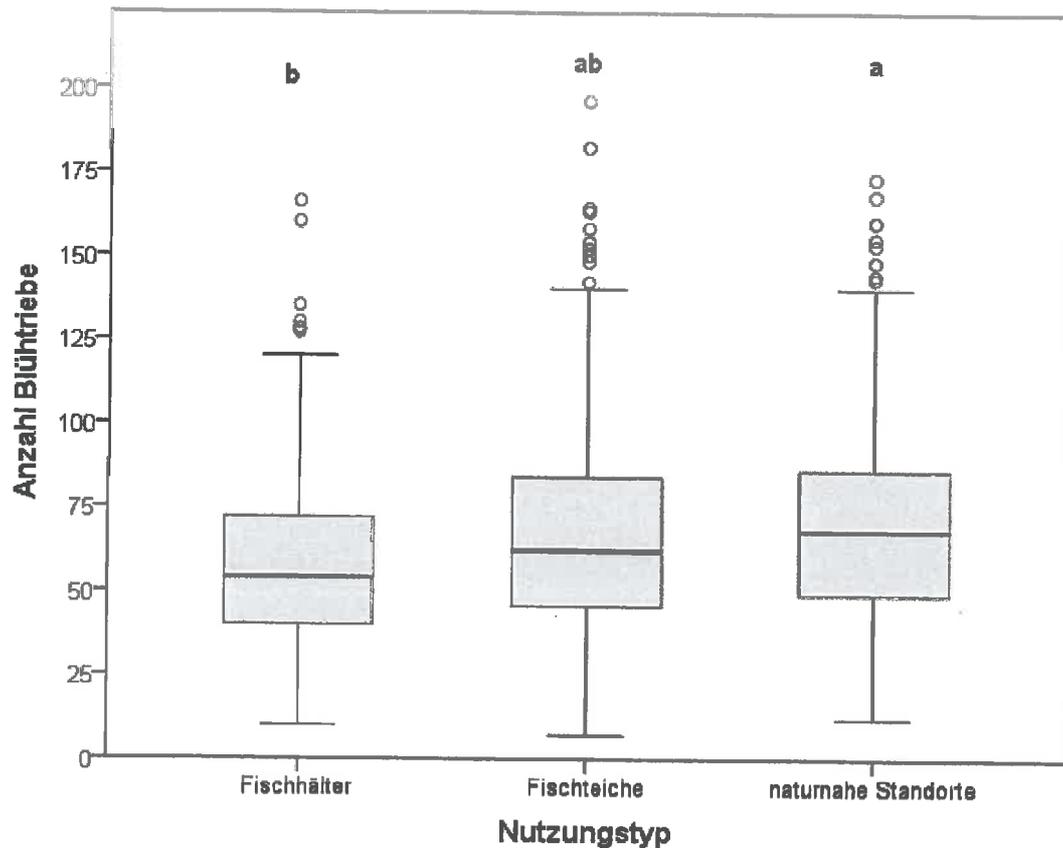


Abbildung 4-16: Boxplots der Anzahl der Blühtriebe (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die einzelnen Nutzungstypen ($p = 0,104$), $n = 1347$.

In Abbildung 4-17 ist zu erkennen, dass die Pflanzen der Fischhälter in jedem Wasserlevel die geringste Anzahl an Blühtrieben aufweisen. Weiters ist ersichtlich, dass wie bei der Biomasse und der relativen Wachstumsrate der Blätter, auch in Bezug auf die Anzahl der Blühtriebe, Pflanzen der naturnahen Standorte innerhalb des variablen Wasserlevels mehr Blühtriebe aufweisen.

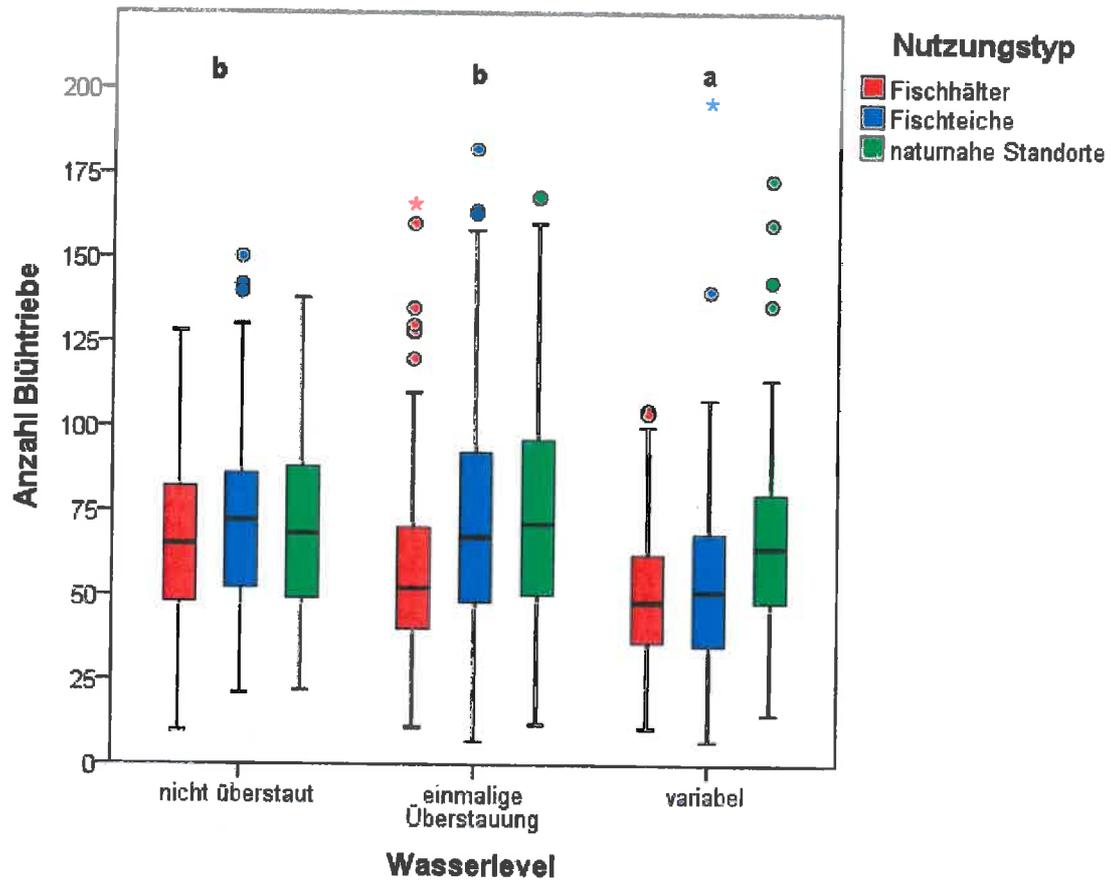


Abbildung 4-17: Boxplots der Anzahl der Blühtriebe (zum 3. Monitoringtermin) in Bezug auf die Wasserlevels ($p = 0,009$) und Nutzungstypen ($p = 0,104$), $n = 1347$.

Tabelle 4-16 zeigt, dass sich bezüglich der Fitness der Pflanzen alle drei Wasserlevel signifikant voneinander unterscheiden. Die verschiedenen Nutzungstypen und Fraktionen weisen keine signifikanten Einflüsse auf die Fitness auf.

Tabelle 4-16: Übersicht über die p-Werte der Fitness (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1347.

Wasserlevel (I)	Wasserlevel (J)	Fitness
nicht überstaut	einmalige Überstauung	0,000
	variabel	0,000
einmalige Überstauung	nicht überstaut	0,000
	variabel	0,046
variabel	nicht überstaut	0,000
	einmalige Überstauung	0,046
Nutzungstyp (I)	Nutzungstyp (J)	
Fischhälter	Fischteiche	0,282
	naturnahe Standorte	0,276
Fischteiche	Fischhälter	0,282
	naturnahe Standorte	0,986
naturnahe Standorte	Fischhälter	0,276
	Fischteiche	0,986
Fraktion (I)	Fraktion (J)	
0-5 cm	5-15 cm	0,323
	oberirdisch	0,419
5-15 cm	0-5 cm	0,323
	oberirdisch	0,858
oberirdisch	0-5 cm	0,419
	5-15 cm	0,858

Abbildung 4-18 zeigt die Einflüsse des Wasserlevels und der Nutzungstypen auf die Fitness der Pflanzen zum dritten Monitoringtermin anhand von Boxplots. Alle drei Wasserlevels unterscheiden sich signifikant ($p \leq 0,001$) voneinander. Bei der einmaligen Überstauung und im variablen Wasserlevel ist eine höhere Variabilität zu erkennen. Die Fitness jener Pflanzen, die nicht überstaut wurden, ist hingegen etwas einheitlicher; eine Streuung ist jedoch auch hier erkennbar. Die Pflanzen des Nutzungstyp Fischhälter weisen bei der einmaligen Überstauung und im variablen Wasserlevel eine geringere Fitness auf. Im variablen Wasserlevel werden Pflanzen aus den naturnahen Standorten - im Gegensatz zu jenen aus den Fischhältern und Fischteichen - im Durchschnitt mit einer höheren Fitness bewertet.

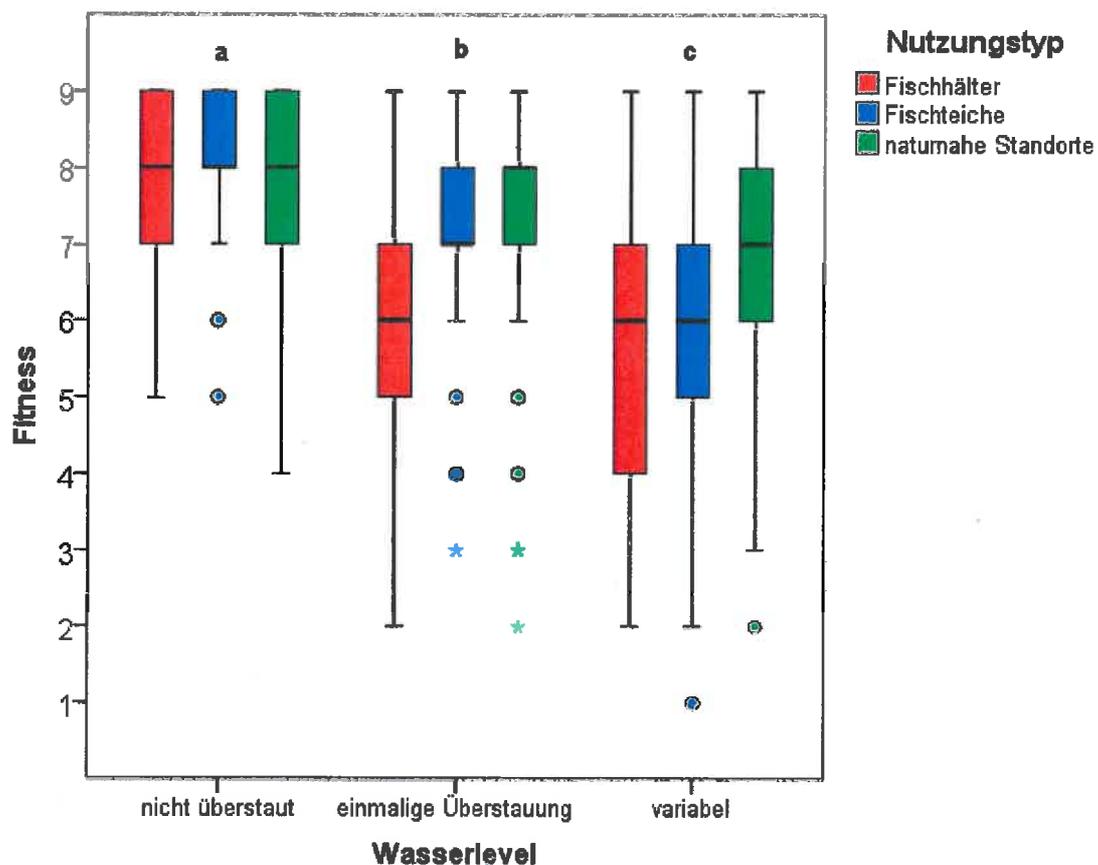


Abbildung 4-18: Boxplots der Fitness (zum 3. Monitoringtermin) in Bezug auf die Wasserlevels ($p \leq 0,001$) und Nutzungstypen ($p = 0,574$); $n = 1347$; 9 – sehr hohe Vitalität der Pflanze, 1 – Pflanze gerade noch lebendig.

5. Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse des Wasserstandsversuchs und des Keimfähigkeitstest diskutiert. Es wird auf die Einflüsse der Wasserüberstauung, der unterschiedlichen Nutzungstypen und der Herkunft der Samen aus den drei Fraktionen in Bezug auf das Pflanzenwachstum eingegangen. Weiters werden Ergebnisse aus der fachspezifischen Literatur und aus vorhergegangenen Untersuchungen an *Cyperus fuscus* miteinbezogen.

5.1. Einfluss der Wasserüberstauung

Um zu untersuchen, ob das Wachstum von *Cyperus fuscus* vom Wasserstand bzw. dem Wasserstandswechsel abhängig ist, wurden wie erwähnt verschiedene Parameter im Laufe des Versuches erhoben und berechnet. Die Biomasse an sich vereint sehr viele dieser Parameter, so stecken beispielsweise die Anzahl der Triebe, die Anzahl der Blätter, die Höhe der Pflanzen, die Anzahl der Blühtriebe und auch die Blattbreite und -länge im Parameter Biomasse. Deshalb kann gesagt werden, dass die Biomasse, zum Beispiel im Vergleich zu Blattanzahl, als ein starker Parameter angesehen werden kann, jedoch korrelieren viele der einzelnen Faktoren miteinander. Wenn eine Pflanze beispielsweise mehr Triebe aufweist, dann weist sie auch mehr Blätter auf. Andererseits bedeutet dies nicht, dass eine Pflanze mit vielen Trieben oder Blättern auch eine hohe Biomasse aufweisen muss.

Eine einmalige Überstauung scheint dem Wachstum von *Cyperus fuscus* zu nutzen. Pflanzen, die einer einmaligen Überstauung ausgesetzt wurden, weisen die höchste Biomasse auf. Bei MÜLLER (2014) wurden Untersuchungen zur Anpassungsstrategie bei periodischen Überflutungen an den Süßgräsern *Deschampsia cespitosa* und *Deschampsia wibeliana* durchgeführt. Im Vergleich zu den Kontrollpflanzen wiesen auch hier jene Pflanzen eine tendenziell höhere Biomasse auf, die einer Überflutung ausgesetzt wurden.

Die relativen Wachstumsraten der Blätter und Triebe waren bei den nicht überstauten Pflanzen am höchsten, hier ist jedoch zu erwähnen, dass diese Pflanzen sehr viele kleine Blätter und Triebe aufwiesen. Bei jenen des variablen Wasserlevels kann es durchaus sein, dass die kleineren Blätter bei der Überstauung abgestorben sind. Weiters wiesen die Pflanzen des variablen Wasserlevels zwar die größte Höhe auf, aber dafür hatten sie auch am wenigsten Blühtriebe. Daraus lässt sich folgern, dass diese Pflanzen eher in das Höhenwachstum investiert haben, und somit weniger Energie hatten, um viele Blüten auszubilden. Im Überstauungsversuch von BERNHARDT et al. (1999) ist zu erkennen, dass beispielsweise bei *Thalictrum flavum* bei einer permanenten Überstauung nur 2/3 der Pflanzen überhaupt zur Blüte gelangten.

Dies ist auch bei *Cardamine pratensis*, einer sehr überstauungstoleranten Art, ersichtlich. Die nötige Energie wird in ein vegetatives Wachstum investiert, welches weniger Aufwand für die Pflanze bedeutet als Blütenausbildung. Eine sehr lang andauernde Überstauung mit 10 cm bewirkte eine drastische Abnahme der Blütenanzahl (HELLBERG 1995).

Es ist zu erkennen, dass die Pflanzen des variablen Wasserlevels eine kleinere Blattbreite aufweisen, was auch darauf schließen lässt, dass hier eher die Triebe länger wurden, um die Pflanze über dem Wasser zu halten. Auch im Versuch von MÜLLER (2014) wurde gezeigt, dass die Pflanzen mit zunehmender Überflutungsdauer eine geringere Blattbreite aufwiesen. Auch bei VON LAMPE (1996) ist zu sehen, dass die Wuchshöhe von der Wasserversorgung abhängig ist. Während sich bei rascher Austrocknung des Substrats eher Zwergformen von Pflanzen ausbilden, können diese bei guter Wasserversorgung auch riesige Exemplare hervorbringen. Dies kann als Gigantismus bezeichnet werden.

Cyperus fuscus kann als eine sehr überflutungsresistente Pflanze angesehen werden und kann typische Charakterarten wie *Limosella aquatica*, welche nach dem Rückgang der Überflutung zwar schnell keimt, aber eine Austrocknung des Bodens nur schwer toleriert, verdrängen (BISSELS et al. 2005).

Überflutete Pflanzen werden durch einen reduzierten Gasaustausch zwischen den Pflanzen und der Umwelt vor eine große Herausforderung gestellt (COLMER und VOESENEK 2009).

Als eine Überlebensstrategie bei längerer, aber relativ flacher Überflutung kann das *Low Oxygen Escape Syndrome* (LOES) angesehen werden. Hier erfolgt ein relativ schnelles Streckungswachstum des Sprosses bzw. eine Aufrechtstellung der Blätter, um möglichst rasch wieder einen Luftkontakt und somit auch einen verbesserten Gasaustausch herzustellen (BAILEY-SERRES und VOESENEK 2008, COLMER und VOESENEK 2009). Dies könnte auch bei den Pflanzen des variablen Wasserlevels der Fall gewesen sein, die Pflanzen zeigten ein sehr rasches Höhenwachstum und waren auch nach dem dritten Monitoringtermin durchschnittlich am höchsten.

Bei den Pflanzen der einmaligen Überstauung bzw. auch bei jenen des variablen Wasserlevels könnte aber auch eine Art Ruhe-Strategie der Pflanzen angewandt worden sein. Hier wird der Energieverbrauch während der Überflutungsphase reduziert, um dann bei Rückgang des Wassers schnell wieder zu einer hohen Wachstumsrate zu kommen (BAILEY-SERRES und VOESENEK 2008, COLMER und VOESENEK 2009). Nach dem Wiederauftauchen der Pflanzen wurden in einer sehr kurzen Zeit viele neue Blätter gebildet, dies könnte eventuell auf diese Strategie zurückgeführt werden.

Die Photosynthese unter Wasser kann durch die Wassertrübung und die Überflutungstiefe beeinträchtigt werden (VERVUREN et al. 2003, DAS et al. 2009). Durch ein regelmäßiges Belüften der Wasserbecken wurde hier versucht, dem Veralgen und somit der Wassertrübung etwas entgegen zu wirken.

Eine andere Art der Anpassung wäre, den gesamten Lebenszyklus in der kurzen Zeit zwischen zwei Überflutungen abzuschließen, dadurch können die produzierten Samen die Überflutung überdauern, was typisch für die Zwergbinsengesellschaft ist. Dies ist neben *Cyperus fuscus* auch z.B. bei *Chenopodium rubrum* der Fall. *Rumex palustris* (eine zweijährige Art) hingegen, kann eine Überflutungsphase im vegetativen Zustand überleben und verlegt die Blütenbildung und Samenproduktion ins folgende Jahr (BLOM et al. 1994).

Bei dem hier durchgeführten Wasserstandsversuch ist meist davon auszugehen, dass die Pflanzen einer Staunässe ausgesetzt wurden, da nur sehr wenig Pflanzen gänzlich unter Wasser waren. Bei einer Staunässe ist es den Pflanzen noch möglich, über die Blätter aus der Luft Sauerstoff (O_2) und Kohlendioxid (CO_2) aufzunehmen und Photosynthese zu betreiben, wodurch auch die Weiterleitung des Sauerstoffes aus den oberirdischen Pflanzenteilen in die Wurzeln gegeben ist (SETTER und WATERS 2003). Mit zunehmender Distanz zur Sauerstoffquelle nimmt jedoch auch die Sauerstoffkonzentration in den Wurzeln ab (BAILEY-SERRES und VOESENEK 2008).

Als Anpassung an eine Überflutung können einige Arten z.B. neue Blätter mit einer dünneren Cuticula und einer höheren SLA (spezifischen Blattfläche) bilden, andere Arten können unter Wasser einen Gasfilm auf den Blättern bilden. Beide Varianten führen zu einem verbesserten Unterwasser-Gasaustausch (COLMER et al. 2011). Bereits nach drei Wochen periodischer Überflutung wiesen bei MÜLLER (2014) *Deschampsia cespitosa*-Pflanzen eine stark erhöhte SLA auf.

Durch eine höhere SLA wird die relative Oberfläche pro Biomasseeinheit erhöht, über die ein Gasaustausch stattfinden kann (MOMMER et al. 2005), die dünnere Cuticula reduziert hingegen den Gasdiffusionswiderstand zwischen Blatt und Überflutungswasser (FROST-CHRISTENSEN et al. 2003, MOMMER et al. 2004). Neben einem Diffusionsgasaustausch ist auch eine O_2 und CO_2 Aufnahme über die Stomata unter Wasser möglich. Dies kann der Fall sein, wenn die Pflanzen beim Untertauchen einen Gasfilm auf der Blattoberfläche ausgebildet haben (VERBOVEN et al. 2014). Aufgrund der geringeren Diffusionsgeschwindigkeit von Sauerstoff im Wasser, welche um 10^4 -mal geringer ist als in der Luft, kommt es bei der Überflutung von Böden zu einem Sauerstoffmangel (ARMSTRONG 1979).

Pflanzenwurzeln sind zwar grundsätzlich zu einer anaeroben Atmung fähig, jedoch treten nach mehreren Stunden metabolische Abweichungen auf. Es kommt zu einem überhöhten Ethanolgehalt, welches das bezeichnende Symptom für Sauerstoffmangel ist (LARCHER 1994). Weiters wird durch Atmungsvorgänge von Mikroorganismen und unterirdischen Pflanzenteilen der noch vorhandene Sauerstoff innerhalb kürzester Zeit verbraucht (BLACKWELL 1983). Sobald der Boden sauerstofffrei ist, nehmen anaerobe Mikroorganismen überhand und somit wird ein stark reduziertes Milieu aufgebaut (LARCHER 1994).

Da *Cyperus fuscus* keine aquatische, sondern eine semi-aquatische Pflanze ist, kann diese auch nicht unter Wasser wachsen und braucht den Kontakt zur Luft. Auf rein trockenen Wiesen wären sie gegenüber den anderen Pflanzen aber auch nicht konkurrenzfähig, deshalb benötigt *Cyperus fuscus* dieses Wechselspiel von Trockenheit und Überstauung.

5.2. Einfluss des Nutzungstyps

Neben den naturnahen Standorten wie Altarmen von Flüssen (primäre Habitats), spielen auch die sekundären Habitats wie Fischteiche und Fischhälter eine wichtige Rolle als Lebensraum für *Cyperus fuscus*.

Wie bei den Ergebnissen sichtbar ist, konnten meist keine signifikanten Einflüsse ausgemacht werden, ob Fitness- und Wachstumsunterschiede bezüglich der verschiedenen Landnutzungstypen gegeben sind. Trotzdem ist der Trend zu erkennen, dass Fischteiche als gute sekundäre Standorte für *Cyperus fuscus* dienen. Pflanzen aus den Fischhältern wiesen in allen drei Wasserlevels die geringste Biomasse auf, jene aus den Fischteichen wiesen beim nicht überstauten Wasserlevel und bei der einmaligen Überstauung die höchste Biomasse auf. Dieses Ergebnis bestätigt sich ebenfalls bei der relativen Wachstumsrate der Blätter. Vor allem bei der Anzahl der Blühtriebe pro Pflanze schneiden die Pflanzen aus den Fischhältern signifikant schlechter ab als jene aus den naturnahen Standorten. Auch bei den verschiedenen Wasserlevels haben jene Pflanzen aus den Fischhältern die geringste Anzahl an Blühtrieben.

Bei den Parametern Biomasse, RGR Blätter und Anzahl der Blühtriebe ist zu erkennen, dass jene Pflanzen aus den naturnahen Standorten anscheinend besser an das variable Wasserlevel angepasst sind. Diese Pflanzen weisen hier, im Vergleich zu den Fischteichen und Fischhältern, jeweils die größte Biomasse, die größte RGR Blätter und die meisten Blühtriebe auf. Die Pflanzen aus den Fischteichen schneiden in den beiden anderen Wasserlevels am besten ab. Derselbe Effekt ist auch bei der Bewertung der allgemeinen Fitness der Pflanzen zu beobachten. Auch hier wurden im variablen Wasserlevel jene Pflanzen aus naturnahen Standorten mit einer besseren Fitness beurteilt als jene aus den Fischteichen oder Fischhältern. Pflanzen aus naturnahen Standorten sind auch in der Natur mit unregelmäßigen Wasserschwankungen und Überflutungen konfrontiert und müssen sich ständig an die sich ändernden Umweltbedingungen anpassen. Daraus kann eventuell gefolgert werden, dass die Eigenschaft sich an stochastische Ereignisse schnell anzupassen in den Pflanzen genetisch fixiert ist.

Fischhälter können als eher naturferne Standorte angesehen werden, wo durch Mahd und Herbizide das Wachstum beeinträchtigt werden kann. Obwohl die Samen aus den

Fischhältern durchschnittlich am längsten mit der Keimung brauchten, und somit auch später in die Töpfchen kamen, und auch die schlechteste Keimrate aufwiesen, blühten zum ersten Monitoringtermin die meisten Pflanzen aus diesem Nutzungstyp. Diese Strategie kann eventuell als „Stressblühen“ angesehen werden, d.h. dass die Pflanze versucht möglichst schnell viele Samen zu produzieren. Es kann unter Umständen erfolgreicher sein, wenige reife Samen zu produzieren, als große und vitale Pflanzen ohne reife Samen, die dann bei einem unvorhergesehenen Ereignis sterben, ohne ihr Erbmaterial an eine nächste Generation weiter gegeben zu haben. Störungen, vor allem in Bezug auf Wasser-, Nährstoff- und Sauerstoffmangel, können zu Verschiebungen in der Assimilationsverteilung, des Verhältnisses zwischen Spross- und Wurzelwachstum oder zu frühzeitigem Blühen führen (LARCHER 1994).

Laut ŠUMBEROVÁ (2003) ist *Cyperus fuscus* eine sehr häufig in den Fischhältern vorkommende Art, da diese den Verbreitungsschwerpunkt auf basenreichen Substraten hat. Dies ist wohl auf die Desinfektion der Wände und Böden der Fischhälter mit Kalk zurückzuführen, dadurch finden viele andere Teichbodenarten nur selten günstige Bedingungen in den Fischhältern.

HASSANBEIK (2012) machte ebenfalls mit demselben Ausgangsmaterial Untersuchungen zur Fitness von *Cyperus fuscus* an der Universität für Bodenkultur. Diese Untersuchungen fanden an Pflanzen statt, die direkt aus dem Gelände und somit aus den jeweiligen Habitaten kamen. Diese Pflanzen waren durch die vorherrschenden Standortfaktoren, wie Nährstoffe, Konkurrenz anderer Pflanzen oder durch die Wasserverhältnisse gekennzeichnet. Es wurden die Einflüsse der Nutzungstypen naturnahe Standorte, Fischteiche und Fischhälter auf das Pflanzenwachstum und die Fitness der Pflanzen untersucht. Es konnten signifikante Unterschiede aller drei Nutzungstypen in Bezug auf die Höhe der Pflanzen und der Biomasse ausgemacht werden. Dieser Effekt konnte in dem bei dieser Masterarbeit durchgeführten Versuch ebenfalls sichtbar gemacht werden, auch wenn die Ergebnisse nicht signifikant waren. Bei HASSANBEIK (2012) ist zu erkennen, dass die Anzahl der Blühtriebe pro Pflanze in den Fischhältern signifikant geringer ist als bei den Pflanzen aus den Fischteichen und den naturnahen Standorten. Hier lässt sich ein ähnlicher Trend beim Wasserstandsversuch feststellen. Die Pflanzen aus den Fischhältern weisen eine geringere Anzahl an Blühtrieben pro Pflanze auf als jene aus den Fischteichen und signifikant weniger als jene aus den naturnahen Standorten.

Die Ergebnisse des durchgeführten Keimfähigkeitstests unterstreichen die Ergebnisse der Keimtestes von HASSANBEIK (2012). In beiden Untersuchungen weisen die Samen der naturnahen Standorte jeweils die höchste Keimrate und die schnellste Keimgeschwindigkeit auf.

Das schlechte Abschneiden der Pflanzen aus den Fischhältern in den Untersuchungen kann, wie schon erwähnt, auf den Einsatz von Herbiziden und die regelmäßige Mahd zurückgeführt werden, bzw. auch darauf, dass Fischhälter aufgrund der oftmaligen Trockenheit ein sehr stressiges Habitat sind. Da der Wasserstandsversuch nicht direkt an Pflanzen aus dem Gelände stattfand, sondern an Pflanzen der nächsten Generation, kann daraus eventuell gefolgert werden, dass Herbizidschäden oder die Anpassungsfähigkeit an Trockenstress auch an Folgegenerationen übertragen werden können. Denn schon der Zustand der Mutterpflanze während der Blütenbildung bestimmt teilweise das Schicksal der Nachkömmlinge. Schwächliche oder umweltbelastete Pflanzen bilden unterentwickelte oder nur wenige entwicklungsfähige Samenanlagen aus (LARCHER 1994).

Heutzutage existieren natürliche Standorte in Europa so gut wie nicht mehr, auch naturnahe Standorte sind beispielsweise durch Flussbegradigungen stark rückläufig, wodurch diese wertvollen und seltenen Habitate sehr bedroht sind. Als sehr unnatürliche Habitate können die Fischhälter gesehen werden, welche aufgrund der lang anhaltenden Trockenheit auch sehr stressige Habitate sind. Auch wenn im Wasserstandsversuch jene Pflanzen aus den Fischhältern meistens die schlechteste Performance boten, wurde doch gezeigt, dass sich *Cyperus fuscus* auch an diese unnatürlichen Gegebenheiten anpassen kann. Fischteiche hingegen sind vom Menschen extensiv genutzte Habitate und relativ ähnlich zu einem naturnahen Habitat, wodurch diese hervorragende Bedingungen für *Cyperus fuscus* bieten. Da die traditionelle Teichwirtschaft in der heutigen Zeit aber immer mehr rückläufig ist, werden auch diese wichtigen sekundären Habitate immer weniger.

5.3. Einfluss der Fraktion

Die Diasporenbank im Boden kann laut BERNHARDT (1999) als *in-situ*-Reservoir dienen. Die Samen von *Cyperus fuscus* sind nach mehr als 20 Jahren im Boden immer noch keimfähig (FRESH WATER HABITATS TRUST s.a.), da im Boden bei einer Wasserüberstauung anoxische Zustände herrschen und es somit zu einer geringen Zersetzung kommt und es auch wenig Tiere gibt, die die Samen fressen könnten. Der Sauerstoffmangel hat auch eine verminderte Bakterientätigkeit zur Folge (BLANCK 2013).

In Bezug auf die Fraktion konnten im Keimtest signifikante Unterschiede bezüglich der Keimgeschwindigkeit festgestellt werden. Samen aus der oberirdischen Fraktion brauchten am längsten und keimten auch am schlechtesten. Daraus lässt sich ableiten, dass, wenn Samen länger im Boden liegen (also jene aus der Fraktion A und B), sich dies positiv auf die Keimgeschwindigkeit und die Keimrate auswirkt. Jedoch ist zu erwähnen, dass nicht genau

gesagt werden kann, wie viele Samen tatsächlich im Boden gelagert waren und wie alt diese Samen letztendlich waren. Es könnte also sein, dass nur die fittesten Samen überlebt haben und diese auch dann im Keimtest sehr gute Werte erzielten.

Untersuchungen von BERNHARDT et al. (2014) zeigten, dass sich eine Langzeitlagerung von *Cyperus fuscus* Samen bei -20 °C positiv auf die Keimfähigkeit auswirken kann. In einem Keimversuch mit bis zu 13 Jahren gelagerten Samen und relativ frisch gesammeltem Material wurde gezeigt, dass die absolute Keimrate und die Keimgeschwindigkeit der Samen positiv mit längerer Lagerungszeit korrelieren.

Beim Wasserstandsversuch konnten bezüglich der Fraktionen weder signifikante noch einheitliche Unterschiede festgestellt werden.

5.4. Gesamtbeurteilung der Pflanzenfitness

In Bezug auf die Bewertung der allgemeinen Fitness der Pflanzen wurde im Wasserstandsversuch das nicht überstaute Wasserlevel im Mittel mit 8,123 am besten bewertet. Die Pflanzen der einmaligen Überstauung bzw. des variablen Wasserlevels wurden durchschnittlich mit ein bis zwei Graden weniger bewertet. Hierbei ist zu sagen, dass es sich hier um eine subjektive Gesamtbeurteilung der Pflanzen handelt, also wie gesund und vital die Pflanzen zum Monitoringtermin ausgesehen haben. In den Untersuchungen der anderen Parameter (z.B. Biomasse) ist ein konstanter Trend zu erkennen, dass eine einmalige Überstauung die Pflanzen am besten gefördert hat.

Unabhängig von Wasserlevel, Nutzungstyp oder Fraktion ist zu erkennen, dass so gut wie jeder Trieb einer Pflanze auch Infloreszenzen aufwies. Diese Tatsache wurde einerseits schon während den Beobachtungen des dritten Monitoringtermins festgestellt und wurde dann andererseits in der statistischen Auswertung durch eine sehr hohe Korrelation der Anzahl Triebe und Anzahl Blühtriebe bestätigt.

Die Anpassungsfähigkeit von *Cyperus fuscus* an die verschiedensten Umweltbedingungen kann aufgrund der Tatsachen bestärkt werden, dass während des Wasserstandsversuchs von insgesamt 1350 Pflanzen nur drei gestorben sind, jede lebende Pflanze zur Blütenausbildung gekommen ist und die Pflanzen durchschnittlich mit guten Fitnesskennzahlen bewertet worden sind.

5.5. Beantwortung der Fragestellungen und Hypothesen

In diesem Abschnitt wird auf die zu Beginn gestellten Forschungsfragen und Hypothesen nochmals kurz zusammenfassend eingegangen.

Frage 1: Ist das Wachstum von *Cyperus fuscus* vom Wasserstand bzw. dem Wasserstandswechsel abhängig?

Aufgrund der einzelnen Ergebnisse kann gesagt werden, dass das Wachstum von *Cyperus fuscus* vom Wasserstand bzw. dem Wasserstandswechsel abhängig ist. Eine einmalige Überstauung wirkt sich durchaus positiv auf *Cyperus fuscus* aus. Pflanzen des variablen Wasserlevels mussten sehr viel Energie in das Höhenwachstum investieren, somit fehlte diese Energie dann wohl bei der Blütenproduktion. Weiters sind die Bedingungen unter Wasser für *Cyperus fuscus* nicht optimal, da es sich hier um eine semi-aquatische Art handelt und um keine reine Wasserpflanze. Generell ist *Cyperus fuscus* aber eine sehr überstauungstolerante Art, da während des gesamten Wasserstandsversuchs nur drei Pflanzen gestorben sind.

Hypothese 1: Pflanzen des nicht überstauten Wasserlevels weisen eine größere Blattbreite auf.

Diese Hypothese kann bestätigt werden. Pflanzen, welche keiner Überstauung ausgesetzt wurden, wiesen durchschnittlich breitere Blätter auf als jene Pflanzen der einmaligen Überstauung bzw. des variablen Wasserlevels. Mit zunehmender Überstauungstiefe bzw. Überstauungsdauer nahm die Blattbreite ab.

Frage 2: Können Wachstumsunterschiede bei den Pflanzen festgestellt werden, wenn die Samen aus drei verschiedenen Landnutzungstypen (naturnahe Standorte, Fischteiche und Fischhälter) stammen?

Diese Frage kann teilweise bestätigt werden. Fischteiche scheinen gute sekundäre Standorte für *Cyperus fuscus* zu sein, da im Wasserstandsversuch Pflanzen aus diesem Landnutzungstyp meist die beste Performance boten. Die Fischhälter sind eher als naturferne und schlechte Standorte zu bewerten, allerdings ist das Pflanzenmaterial von *Cyperus fuscus* so anpassungsfähig, dass diese auch in den Fischhältern ein durchaus gutes Wachstum hervorbringen, im Vergleich mit den Fischteichen und naturnahen Standorten aber meist schlechter abschnitten.

Hypothese 2: Infolge der stärker schwankenden Wasserstände an Flüssen sollten die Pflanzen der naturnahen Standorte besser an dynamische Wasserverhältnisse angepasst sein als jene Pflanzen der Fischteiche und Fischhälter, welche oft mehrere Monate im Jahr trocken liegen. Es wird deshalb erwartet, dass die Pflanzen der naturnahen Standorte eine bessere Wachstumsleistung bei stark schwankenden Wasserlevels erzielen, als jene der Fischteiche und Fischhälter.

Hier kann ein Trend gesehen werden, dass jene Pflanzen aus naturnahen Standorten besser an dynamische Wasserverhältnisse angepasst sind, da diese im Gegensatz zu den anderen Landnutzungstypen im variablen Wasserlevel eine höhere Fitness aufweisen. Auch bezüglich der Biomasse, RGR Blätter und der Anzahl der Blühtriebe ist zu erkennen, dass Pflanzen aus den naturnahen Standorten im variablen Wasserlevel bessere Werte aufweisen als jene aus den Fischteichen oder Fischhältern.

Hypothese 3: Aufgrund von Beobachtungen während des Wasserstandsversuchs wird die Hypothese aufgestellt, dass die Pflanzen aus naturnahen Standorten später blühen als jene aus den Fischhältern.

Auch hier kann ein deutlicher Trend zur Bestätigung der Hypothese gesehen werden. Im Wasserstandsversuch blühten zum ersten Monitoringtermin deutlich weniger Pflanzen aus naturnahen Standorten im Vergleich zu jenen aus den Fischhältern. Dies kann eventuell auf ein „Stressblühen“ der Pflanzen aus den Fischhältern zurückgeführt werden, da Fischhälter sehr naturferne Standorte sind, deren Untergrund rasch austrocknet, sodass die Pflanzen versuchen, möglichst rasch zur Blüten- bzw. Samenbildung zu gelangen.

Frage 3: Können Wachstumsunterschiede bei den Pflanzen festgestellt werden, wenn die Samen aus der oberirdischen Vegetation bzw. aus der Samenbank stammen?

In Bezug auf die Keimung ist der Trend zu sehen, dass jene Samen aus der Samenbank etwas vitaler sind. Einheitliche Wachstumsunterschiede der überstauten Pflanzen können aufgrund der Herkunft der Samen aus der oberirdischen Vegetation bzw. aus der Samenbank nicht ausgemacht werden.

6. Zusammenfassung

Der Einfluss des Menschen in der Natur ist allgegenwärtig. Dies kann sich auf die Umwelt negativ, aber auch positiv auswirken. Durch beispielsweise Flussbegradigungen sind adäquate Standorte für die früher häufig vorkommenden Zwergbinsengesellschaften immer mehr rückläufig. Auf der anderen Seite schafft der Mensch aber auch sekundäre Standorte wie z.B. Fischteiche und Fischhälter. Da diese sehr traditionelle Art der Fischhaltung aber in der letzten Zeit rückgängig ist, gehen somit auch die wichtigen sekundären Standorte langsam verloren.

Ein typischer Vertreter der Zwergbinsengesellschaft ist das Braune Zypergras (*Cyperus fuscus*). Es kommt sowohl in naturnahen Standorten wie an den Ufern der Altarme von Flüssen vor, als auch in den Fischteichen und Fischhältern.

Im Sommer 2014 wurde an der Universität für Bodenkultur in Wien (BOKU) ein Wasserstandsversuch zur vegetativen und generativen Fitness von *Cyperus fuscus* durchgeführt. Der Versuch dauerte insgesamt drei Monate, wobei im Gitterhaus der BOKU in Wasserwannen drei verschiedene Wasserlevels simuliert wurden, wobei es ein nicht überstautes Wasserlevel, eines mit einer einmaligen Überstauung und ein variables Wasserlevel gab. Das Ziel war, herauszufinden, ob das Wachstum der Pflanzen vom Wasserstand bzw. dem Wasserstandswechsel abhängig ist und ob es Wachstumsunterschiede bezüglich der Nutzungstypen (naturnahe Standorte, Fischteiche, Fischhälter) gibt. Des Weiteren wurde die Hypothese aufgestellt, dass Pflanzen aus naturnahen Standorten besser an die dynamischen Wasserverhältnisse angepasst sind. Es wurden ebenfalls Untersuchungen zur Samenbank und Qualität der Samen gemacht. Zu drei Monitoringterminen wurde jede einzelne Pflanze vermessen und ihre Fitness wurde bewertet.

Die statistische Auswertung zeigte, dass das Wasserlevel einen signifikanten Einfluss auf die Biomasse, die relative Wachstumsrate der Blätter, die Höhe der Pflanzen, die Blattbreite, die Länge des längsten Blattes und die Anzahl der Blühtriebe pro Pflanze hat. Die Biomasse jener Pflanzen, die einer einmaligen Überstauung ausgesetzt wurden, wog im Mittel 3,983 g und somit am meisten. Im Vergleich dazu, wiesen jene Pflanzen des variablen Wasserlevels mit 3,346 g die geringste Biomasse auf.

Auch in der Höhe der Pflanzen unterschied sich das nicht überstaute Wasserlevel signifikant vom variablen Wasserlevel. Mit durchschnittlich 23,89 cm wiesen die Pflanzen des nicht überstauten Wasserlevels die kleinsten Individuen auf, die des variablen Wasserlevels waren im Durchschnitt 35,16 cm groß. Dies resultiert daraus, dass die Pflanzen des variablen

Wasserlevels länger und tiefer unter Wasser waren, und nur durch z.B. Streckungswachstum der Triebe die Pflanzen an genügend Sauerstoff kamen.

Bezüglich der verschiedenen Nutzungstypen konnten signifikante Unterschiede in Bezug auf die Anzahl der Blühtriebe gefunden werden. Mit einem Mittelwert von 58,07 hatten die Pflanzen aus den Fischhältern signifikant weniger Blühtriebe pro Pflanze als jene aus den naturnahen Standorten mit einem Mittelwert von 69,99. Auch in Bezug auf die Keimgeschwindigkeit und Keimrate wiesen die Fischhälter die niedrigsten Werte auf. Ein Grund könnten die genetisch fixierten Anpassungsunterschiede zwischen den Pflanzen aus den Fischhältern und jenen aus den naturnahen Standorten sein. Da der Untergrund von Fischhältern schneller austrocknet, sind die Pflanzen der Fischhälter daran angepasst, ihren Lebenszyklus in kürzerer Zeit abzuschließen. Daraus ergibt sich auch, dass die Pflanzen kleiner sind und weniger (Blüh-)Triebe gebildet werden können.

Bei beispielsweise der Biomasse war der Trend zu sehen, dass Pflanzen aus den naturnahen Standorten im variablen Wasserlevel etwas besser abschnitten als jene aus den beiden anderen Nutzungstypen. Ein ähnliches Ergebnis war auch bei der Bewertung der allgemeinen Fitness zu erkennen. Dadurch lässt sich schlussfolgern, dass eventuell Pflanzen aus den naturnahen Standorten besser an dynamische Wasserverhältnisse angepasst sind. Bezüglich der Samenqualität sind keine einheitlichen Ergebnisse auszumachen, wobei die Keimtests den Trend zeigten, dass Samen aus der Samenbank vitaler sind.

Abschließend kann gesagt werden, dass der Wasserstandsversuch gezeigt hat, dass sich *Cyperus fuscus* sehr gut an verschiedene Wassersituationen anpassen kann, dass die Pflanzen von Fischhältern die Blühreife schneller erreichen, aber insgesamt kleiner bleiben und weniger Blühtriebe ausbilden als die Pflanzen von Fischteichen und naturnahen Standorten (Anpassung an schneller austrocknenden Untergrund) und dass unter den sekundären Habitaten insbesondere die Fischteiche ein wertvoller Standort der Art sind.

7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Beispiel naturnaher Standort (BÖCKELMANN 2012).....	6
Abbildung 3-2: Beispiel Fischteich (BÖCKELMANN 2012).	7
Abbildung 3-3: Beispiel Fischhälter (BÖCKELMANN 2012).....	7
Abbildung 3-4: Standorte der Untersuchungsflächen der Probenentnahmen.....	8
Abbildung 3-5: Versuchsaufbau im Gitterhaus: auf den Tischen rechts befindet sich das nicht überstaute Wasserlevel 1, in den grünen Wannen die Simulation des einmaligen überstaute Wasserlevels 2 bzw. des variablen Wasserlevels 3.....	13
Abbildung 4-1: Boxplots der Keimraten [%] in Bezug auf die Nutzungstypen ($p = 0,144$) und Fraktionen ($p = 0,097$), $n = 238$	20
Abbildung 4-2: Boxplots der Keimgeschwindigkeit (T50) [Tage] in Bezug auf die Fraktionen ($p \leq 0,001$), $n = 238$	21
Abbildung 4-3: Boxplots der Keimgeschwindigkeit (T50) [Tage] in Bezug auf die	22
Abbildung 4-4: Anzahl bzw. Prozent der blühenden Pflanzen/Nutzungstyp (zum 1. Monitoringtermin), $n = 1350$	23
Abbildung 4-5: Darstellung der Korrelationen der Faktoren RGR Blätter (relative Wachstumsrate Blätter; inkl. Stängel) und Anzahl Blätter (links) bzw. RGR Triebe (relative Wachstumsrate Triebe) und Anzahl Triebe (rechts) mittels Streudiagramm (zum 3. Monitoringtermin).	26
Abbildung 4-6: Darstellung der Korrelationen der Faktoren Anzahl Blühtriebe und Anzahl Triebe (links) bzw. Anzahl Blätter und Anzahl Triebe (rechts) mittels Streudiagramm (zum 3. Monitoringtermin).	26
Abbildung 4-7: Boxplots der Biomasse [g] (nach dem 3. Monitoringtermin), bezogen auf die einzelnen Wasserlevels ($p = 0,029$), $n = 1347$	29
Abbildung 4-8: Boxplots der Biomasse [g] (nach dem 3. Monitoringtermin) in Bezug auf die Wasserlevels ($p = 0,029$) und Nutzungstypen ($p = 0,410$), $n = 1347$	30
Abbildung 4-9: Boxplots der relativen Wachstumsrate Blätter (inkl. Stängel) [n^*n-1 /Woche] bezogen auf die einzelnen Wasserlevels ($p \leq 0,001$), $n = 1347$	32
Abbildung 4-10: Boxplots der relativen Wachstumsrate Blätter (inkl. Stängel) [n^*n-1 /Woche] in Bezug auf die Wasserlevels ($p \leq 0,001$) und Nutzungstypen ($p = 0,691$), $n = 1347$	33
Abbildung 4-11: Boxplots der relativen Wachstumsrate Triebe [n^*n-1 /Woche] bezogen auf die einzelnen Wasserlevels ($p = 0,050$), $n = 1347$	35
Abbildung 4-12: Boxplots der Höhe [cm] (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die einzelnen Wasserlevels ($p \leq 0,001$), $n = 1347$	37

Abbildung 4-13: Boxplots der Blattbreite [mm] (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die einzelnen Wasserlevels ($p \leq 0,001$), $n = 1347$	40
Abbildung 4-14: Boxplots der Blattlänge der längsten Blätter [cm] (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die einzelnen Wasserlevels ($p = 0,003$), $n = 1347$	42
Abbildung 4-15: Boxplots der Anzahl der Blühtriebe pro Pflanze (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die einzelnen Wasserlevels ($p = 0,009$), $n = 1347$	44
Abbildung 4-16: Boxplots der Anzahl der Blühtriebe (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die einzelnen Nutzungstypen ($p = 0,104$), $n = 1347$	45
Abbildung 4-17: Boxplots der Anzahl der Blühtriebe (zum 3. Monitoringtermin) in Bezug auf die Wasserlevels ($p = 0,009$) und Nutzungstypen ($p = 0,104$), $n = 1347$	46
Abbildung 4-18: Boxplots der Fitness (zum 3. Monitoringtermin) in Bezug auf die Wasserlevels ($p \leq 0,001$) und Nutzungstypen ($p = 0,574$); $n = 1347$; 9 – sehr hohe Vitalität der Pflanze, 1 – Pflanze gerade noch lebendig.	48

8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Übersicht der Nutzungstypen, Standorte bzw. Koordinaten der Plots.	9
Tabelle 3-2: Dauer der Monitoringtermine.	14
Tabelle 3-3: Aufgenommene Parameter zu den Monitoringterminen.	14
Tabelle 3-4: Interpretation der Korrelationskoeffizienten (BÜHL 2010).	17
Tabelle 4-1: Übersicht über die p-Werte der festen und zufälligen Faktoren des gemischten linearen Modells zur Keimrate und Keimgeschwindigkeit (T50), n = 238.	18
Tabelle 4-2: Übersicht über die p-Werte der Keimraten, bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 238.	19
Tabelle 4-3: Übersicht über die p-Werte der Keimgeschwindigkeit (T50), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 238.	20
Tabelle 4-4: Anzahl der blühenden Pflanzen bzw. Blütrate [%] der Pflanzen (zum 1. Monitoringtermin) bezogen auf die einzelnen Nutzungstypen (n/Nutzungstyp = 450, n = 1350).	24
Tabelle 4-5: Übersicht über die p-Werte, ob die Pflanze blüht (zum 1. Monitoringtermin), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1350.	24
Tabelle 4-6: Übersicht über die Korrelationen zwischen den einzelnen Faktoren; Biomasse, RGR Blätter (relative Wachstumsrate Blätter; inkl. Stängel), RGR Triebe (relative Wachstumsrate Triebe), Höhe, Anzahl der Blühtriebe, Blattbreite, längstes Blatt, Anzahl der Triebe und Anzahl der Blätter (jeweils zum 3. Monitoringtermin), sehr hohe Korrelationen sind fett hervorgehoben.	25
Tabelle 4-7: Übersicht über die p-Werte der festen und zufälligen Faktoren des gemischten linearen Modells zur Biomasse, RGR Blätter (relative Wachstumsrate Blätter; inkl. Stängel), RGR Triebe (relative Wachstumsrate Triebe) und Höhe, n = 1347.	27
Tabelle 4-8: Übersicht über die p-Werte der Biomasse (nach dem 3. Monitoringtermin), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1347.	28
Tabelle 4-9: Übersicht über die p-Werte der RGR Blätter (relative Wachstumsrate; inkl. Stängel), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1347.	31
Tabelle 4-10: Übersicht über die p-Werte der RGR Triebe (relative Wachstumsrate Triebe), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1347.	34

Tabelle 4-11: Übersicht über die p-Werte der Höhe (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1347.....	36
Tabelle 4-12: Übersicht über die p-Werte der festen und zufälligen Faktoren des gemischten linearen Modells zur Blattbreite, Blattlänge der längsten Blätter, Anzahl der Blühtriebe und Fitness zum 3. Monitoringtermin, n = 1347.....	38
Tabelle 4-13: Übersicht über die p-Werte der Blattbreite (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1347.....	39
Tabelle 4-14: Übersicht über die p-Werte der Blattlänge der längsten Blätter (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1347.....	41
Tabelle 4-15: Übersicht über die p-Werte der Anzahl der Blühtriebe (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1347.....	43
Tabelle 4-16: Übersicht über die p-Werte der Fitness (zum 3. Monitoringtermin), bezogen auf die Gegenüberstellung der einzelnen Wasserlevels, Nutzungstypen bzw. Fraktionen, n = 1347.....	47

9. Literaturverzeichnis

- AICHELE, D. und SCHWEGLER, H-W. (2011). Unsere Gräser. 12. aktualisierte Auflage. Stuttgart: Kosmos Verlag.
- AMBROŽ, J. (1939): Květena obnažené půdy rybníčné v oblasti třeboňské [Die Flora des nackten Teichbodens im Wittingauer Gebiete]. Sborn. Přírod. Klubu Jihlava 2: 3-84. (tschech. m. dt. Zusammenfassung).
- ARMSTRONG, W. (1979). Aeration in higher plants. *Advances in Botanical Research* 7: 225-232.
- BAILEY-SERRES, J. und VOESENEK, L. (2008). Flooding Stress: Acclimations and Genetic Diversity. *Annual Review of Plant Biology* 59: 313-339.
- BERNHARDT, K-G. und POSCHLOD, P. (1993). Zur Biologie semi-aquatischer Lebensräume aus botanischer Sicht. In: Bernhard, K-G., Hurka, H. und Poschlod, P. (eds.): Vegetationsdynamik amphibischer Standorte und spezielle Aspekte der Populationsbiologie. Natur und Wissenschaft, Solingen, 5-17.
- BERNHARDT, K-G. (1999). Die Bedeutung der Diasporenbank für die langfristige Erhaltung von Isoëto-Nanojuncetea-Gesellschaften. *Mitteilung der deutschen Landesver. für Naturkunde und Naturschutz* 17 (2): 275-280.
- BERNHARDT, K-G., SPITZER, M., GALL, M. und RUNDE, A. (1999). Auswirkungen künstlicher Überstauungen auf das Wachstum von ausgewählten Grünlandarten. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* 121: 233-268.
- BERNHARDT, K-G., KOCH, M., ULBEL, E. und WEBHOFER, J. (2004). The soil seed bank as a resource for in situ and ex situ conservation of extinct species. *Scripta Botanica Belgica* 29: 135-139.
- BERNHARDT, K-G., KOCH, M., ULBEL, E. und WEBHOFER, J. (2005). Erhalt des Scheidengrases in Österreich – Überleben gefährdeter Pflanzenarten im Teichboden am Beispiel *Coleanthus subtilis*. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 37: 88-92.
- BERNHARDT, K-G., BÖCKELMANN, J., TREMETSBERGER, K., TUMPOLD, R. und WERNISCH, M. (2014). Ex-situ conservation: Auswirkung der Langzeitlagerung von Diasporten in einer Seedbank auf ihre Keimfähigkeit am Beispiel von *Cyperus fuscus* (Cyperaceae). In: Universalmuseum Joanneum und Karl-Franzens-Universität

- Graz (Hrsg.): 16. Treffen der Österreichischen Botanikerinnen und Botaniker. Graz. 17.
- BISSELS, S., DONATH, T. W., HÖLZEL, N. und OTTE, A. (2005). Ephemeral wetland vegetation in irregularly flooded arable fields along the northern Upper Rhine: the importance of persistent seed banks. *Phytocoenologia* 35 (2-3): 469-488.
- BLACKWELL, P.S. (1983). Measurements of aeration in waterlogged soils: Some improvements of techniques and their application to experiments using lysimeters. *Soil Sciences* 34: 271-285.
- BLANCK, E. (2013). *Handbuch der Bodenlehre*. Springer-Verlag.
- BLOM, C.W.P.M, VOESENEK, L.A.C.J., BANGA, M., ENGELAAR, W.M.H.G., RIJNDERS, J.H.G.M., VAN DE STEEG, H.M. und VISSER, E.J.W. (1994). Physiological Ecology of Riversides Species: Adaptive Responses of Plants to Submergence. *Annals of Botany* 74: 253-263.
- BRYSON, T.C. und CARTER, R. (2010). Spread, Growth Parameters and Reproductive Potential for Brown Flatsedge (*Cyperus fuscus*). *Invasive Plant Science and Management* 3 (3): 240-245.
- BRYSON, T.C. und CARTER, R. (s.a.). Brown Flatsedge (*Cyperus fuscus*). A Potential Rice Weed. Poster. Verfügbar in: http://www.researchgate.net/profile/Richard_Carter10/publication/237762962_Brown_Flatsedge_%28Cyperus_fuscus%29_A_Potential_Rice_Weed/links/5491ad510cf2f3c6657b713f.pdf [Abfrage am 25.11.2014].
- BÜHL, A. (2010). PASW 18 Einführung in die moderne Datenanalyse. 12. aktualisierte Auflage. München: Pearson Studium.
- COLMER, T.D. und VOESENEK, L.A.C.J. (2009). Flooding tolerance: suites of plant traits in variable environments. *Functional Plant Biology* 36: 665.
- COLMER, T.D., WINKEL, A. und PEDERSEN, O. (2011). A perspective on underwater photosynthesis in submerged terrestrial wetland plants. *AoB Plants* 2011. plr030.
- DAS, K.K., PANDA, D., SARKAR, R.K., REDDY, J.N. und ISMAIL, A.M. (2009). Submergence tolerance in relation to variable floodwater conditions in rice. *Environmental and Experimental Botany* 66: 425-434.
- DOMIN, K. (1904). Die Vegetationsverhältnisse des tertiären Beckens von Veselí, Wittingau und Gratzen in Böhmen. *Beih. Bot. Clb.* 16: 301-343, 415-455 (dt.).

- DORMANN, C. F. und KÜHN, I. (2011). Angewandte Statistik für die biologischen Wissenschaften. 2. aktualisierte Auflage. Helmholtz Zentrum für Umweltforschung-URZ.
- FARASIN, K. und LAZOWSKI, W. (1990). RAMSAR-Bericht 1, Teil B. Marchauen (Teilbericht). Bundesministerium f. Umwelt, Jugend und Familie. Wien. 161–198.
- FISCHER, E. (1984). Die Vegetation des Hofmannsweiher, ein Beispiel für die Schutzwürdigkeit und die mögliche Erhaltung einer temporären Phytocoenose. Ornithologie und Naturschutz - Jahresbericht 1983; Band 5: 33-41.
- FRESH WATER HABITATS TRUST. (s.a.). Creating ponds for Brown Galingale *Cyperus fuscus*. Verfügbar in: <http://www.freshwaterhabitats.org.uk/wordpress/wp-content/uploads/2013/09/Brown-Galingale-new-logo.pdf> [Abfrage am 22.10.2014].
- FROST-CHRISTENSEN, H., JORGENSEN, L.B. und FLOTO, F. (2003). Species specificity of resistance to oxygen diffusion in thin cuticular membranes from amphibious plants. Plant, Cell and Environment 26: 121-134.
- GRIME, J.P. und HUNT, R. (1975). Relative Growth-Rate: Its Range and Adaptive Significance in a Local Flora. Journal of Ecology 63: 393-422.
- HASSANBEIK, H. (2012). Fitnessfaktoren des Sumpfgrases *Cyperus fuscus* in drei verschiedenen Landnutzungstypen. Unveröffentlicht.
- HELLBERG, F. (1995). Entwicklung der Grünlandvegetation bei Wiedervernässung und periodischer Überflutung. Vegetationskundliche Untersuchungen in nordwestdeutschen Überflutungspoldern. Diss. Bot. 243, Cramer, Berlin, Stuttgart.
- HOFFMANN, R. C. (1996). Economic Development and Aquatic Ecosystems in Medieval Europe. The American Historical Review, 101. No. 3: 631-669.
- HOLZNER, W. und ADLER, W. (2013). Ökologische Flora Niederösterreichs – Die grüne Welt der Grasartigen – Gräser, Segge, Binsen, Simsen. Band 2. Schwarzenbek: Cadmos Verlag.
- ISTA. (1999). International rules for seed testing. Seed Science and Technology. 27: Supplement.
- KOCH, M., BERNHARD, K-G., WEBHOFER, J. und KRIECHBAUM, M. (2005). Alte Teichlandschaften im österreichischen Waldviertel: Vegetation und Diasporenpotential des Schönauer Teiches bei Zwettl. Bot. Jahrb. Syst. 126: 133-147.

- LARCHER, W. (1994). Ökophysiologie der Pflanzen – Leben, Leistung und Stressbewältigung der Pflanzen in ihrer Umwelt. 5. völlig neubearbeitete Auflage. Stuttgart: Ulmer.
- MOMMER, L., PEDERSEN, O. und VISSER, E.J.W. (2004). Acclimation of a terrestrial plant to submergence facilitates gas exchange under water. *Plant, Cell and Environment* 27: 1281-1287.
- MOMMER, L., KROON, H. DE, PIERIK, R., BÖGEMANN, G.M. und VISSER, E.J.W. (2005). A functional comparison of acclimation to shade and submergence in two terrestrial plant species. *New Phytologist* 167: 197-206.
- MÜLLER, D. (2014). Stressvermeidung oder Toleranz: Anpassungsstrategien der Süßgräser *Deschampsia cespitosa* und *Deschampsia wibeliana* an periodische Überflutungen. Dissertation. Universität Hamburg.
- MÜLLER-STOLL, WR. und PIETSCH, W. (1985). Ökologische Untersuchungen über die Gesellschaft des *Eleocharito-Caricetum bohemicae* auf wasserfrei gewordenen Teichböden in Zentraleuropa. *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich* 123: 51-70.
- NIKL FELD, H. (1999). Rote Listen gefährdeter Pflanzen Österreichs. Grüne Reihe des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Band 10. Austria Medien Service, Graz.
- PHILIPPI, G. (1998). *Cyperaceae* (1. Scirpus bis 12. Schoenus). In: Sebald, O. et al. (eds.): Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs, Band 8: Spezieller Teil – *Juncaceae bis Orchidaceae*. Ulmer, Stuttgart. 47-98.
- PROCHÁZKA, F. (2001). Cerný a červený seznam cévnatých rostlin České republiky (stav v roce 2000). *Průroda (Praha)* 18: 1-166.
- SALEHZADE, H., IZADKHAH, S., GHIYASI, M., FOROUZIN, F. und SIYAHJANI A.A. (2009). Effect of Seed Priming on Germination and Seedling Growth of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Research Journal of Biological Sciences* 4 (5): 629-631.
- SETTER, T.L. und WATERS, I. (2003). Review of prospects for germplasm improvement for waterlogging tolerance in wheat, barley and oats. *Plant and Soil* 253: 1-34.
- STANJEK, H. (1994). Teichbrachen und Teichwüsten. *Die Oberpfalz* 82: 257-265.
- STÜTZEL, T. (2002). Botanische Bestimmungsübungen – Praktische Einführung in die Pflanzenbestimmung. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.

- ŠUMBEROVÁ, K. (2003). Veränderungen in der Teichwirtschaft und ihr Einfluss auf die Vegetation in der Tschechischen Republik. Mit Beispielen von *Isoëto-Nanojuncetea*-, *Littorelletea*- und *Bidentetea*-Arten im Becken von Třeboň (Wittingauer Becken). – Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz 18: 7–24.
- ŠUMBEROVÁ, K., HORÁKOVÁ, V. und LOSOSOVÁ, Z. (2005). Vegetation dynamics on exposed pond bottoms in the Českobudějovická basin (Czech Republic). *Phytocoenologia* 35: 421-448.
- ŠUMBEROVÁ, K., LOSOSOVÁ, Z., FABŠIČOVÁ, M. und HORÁKOVÁ, V. (2006). Variability of vegetation of exposed pond bottoms in relation to management and environmental factors. *Preslia* 78: 235-252.
- VERBOVEN, P., PEDERSEN, O., HO, Q.T., NICOLAI, B.M. und COLMER T. D. (2014). The mechanism of improved aeration due to gas films on leaves of submerged rice. *Plant, Cell and Environment*.
- VERVUREN, P.J.A, BLOM, C.W.P.M. und KROON, H. de (2003). Extreme flooding events on the Rhine and the survival and distribution of riparian plant species. *Journal of Ecology* 91: 135-146.
- VON LAMPE, M. (1996). Wuchsform, Wuchsrhythmus und Verbreitung der Arten der Zwergbinsengesellschaften. *Dissertationes Botanicae*, Band 266. J. Cramer, Berlin, Stuttgart.
- WINTER, B. (2013). A very basic tutorial for performing linear mixed effects analyses (Tutorial 2). University of California. Verfügbar in: https://3c.gmx.net/mail/client/dereferrer?redirectUrl=http%3A%2F%2Fwww.bodowinter.com%2Ftutorial%2Fbw_LME_tutorial.pdf [Abfrage am: 12.11.2014].

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei allen sehr herzlich bedanken, die mich bei der Anfertigung meiner Masterarbeit unterstützt haben.

Bei meinen Betreuern Prof. Dr. Karl-Georg Bernhardt und Dr. Karin Tremetsberger möchte ich mich für die Bereitstellung des Themas und für die Betreuung bedanken.

Weiters gilt mein großer Dank Dipl. Biol. Jörg Böckelmann, dass ich im Rahmen seiner Doktorarbeit meine Masterarbeit durchführen konnte und er mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand. Ebenfalls möchte ich mich für das Korrekturlesen meiner Arbeit bedanken. Die zahlreichen gemeinsamen Stunden des Zählens und Vermessens der Gräser im Gitterhaus, sei es bei Hitze oder Regen, werden mir wohl noch lange im Gedächtnis bleiben.

Für die Konstruktion des Versuchsaufbaus und für das tägliche Gießen der Pflanzen möchte ich mich bei Gerhard Wagner und seinem Team bedanken, ohne sie wäre der Versuchsablauf um einiges mühsamer gewesen.

Für das Korrekturlesen meiner Arbeit möchte ich mich bei Jana Vögl und meinem Bruder Florian Höggerl bedanken.

Markus Weninger möchte ich dafür danken, dass er immer ein offenes Ohr für mich hatte, sowohl für statistische und EDV-technische Belangen, als auch privater Natur.

Bei meinen Eltern möchte ich mich sehr herzlich dafür bedanken, dass sie mir die Möglichkeit eines Studiums geboten haben, immer für mich da sind und hinter mir stehen.

Vielen Dank!

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit bestätige ich, dass die vorliegende Arbeit von mir selbstständig angefertigt wurde und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen verwendet wurden.

Die vorliegende Arbeit wurde noch nicht in gleicher oder ähnlicher Form als Masterarbeit eingereicht.

Wien, Juni 2015



Johanna Höggerl