

Wirksamkeit und Naturschutzeffekte von Management-Verfahren zur Bekämpfung unerwünschter Pflanzenarten im Wirtschaftsgrünland

Untersuchungen an *Senecio aquaticus* im Oberallgäu

(Master-Projekt)



Verfasser: Holger Hennings

Erstbetreuer:

Prof. Dr. Johannes Kollmann, Technische Universität München (Freising-Weihenstephan)

Zweitbetreuer:

Dr. Gisbert Kuhn, Landesanstalt für Landwirtschaft (Freising)

Vorgelegt im Juli 2013



Technische Universität München

Lehrstuhl für Renaturierungsökologie

Prof. Dr. Johannes Kollmann

Emil-Ramann-Straße 6
85354 Freising-Weihenstephan

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

**Institut für Ökologischen Landbau,
Bodenkultur und Ressourcenschutz (IAB)**

Dr. Gisbert Kuhn

Lange Point 12
85354 Freising-Weihenstephan



Bayerisches Landesamt für Umwelt

Bayerisches Landesamt für Umwelt

**Koordinationsstelle Moorrenaturierung
Ref. 54 Arten- und Lebensraumschutz**

Ulrich M. Sorg

Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung/Summary	4
2. Einführung in die Thematik	9
3. Allgemeines zu Unkräutern im Grünland	10
4. Probleme mit <i>Senecio</i> -Arten im Wirtschaftsgrünland.....	15
5. Biologie von <i>Senecio aquaticus</i>	16
6. Ergebnisse bisheriger Studien zur Bekämpfung von <i>Senecio aquaticus</i>	21
7. Untersuchungen zur Zurückdrängung von <i>Senecio aquaticus</i> im Oberallgäu	27
7.1 Einführung in die Ziele der Management-Versuche.....	27
7.2 Standorte der Versuchsflächen.....	28
7.3 Material und Methoden.....	32
7.4 Ergebnisse.....	40
7.4.1 Auswirkung der Management-Verfahren auf <i>Senecio aquaticus</i>	40
7.4.2 Auswirkung der Management-Verfahren auf die Biodiversität.....	44
7.5 Diskussion.....	50
7.5.1 Auswirkung der Management-Verfahren auf <i>Senecio aquaticus</i>	50
7.5.2 Auswirkung der Management-Verfahren auf die Biodiversität.....	52
8. Schlussfolgerungen und weiterer Untersuchungsbedarf	56
Literaturverzeichnis.....	58
Anlagen.....	63

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	<i>Senecio aquaticus</i> im Blütenstadium auf den Versuchsflächen am Öschlesee im Allgäu (eigene Aufnahme).....	16
Abbildung 2:	<i>Senecio aquaticus</i> : Einzelpflanze im Blütenstadium (eigene Aufnahme).....	17
Abbildung 3:	Rosetten von <i>Senecio aquaticus</i> auf den Versuchsflächen am Öschlesee (eigene Aufnahme).....	17
Abbildung 4:	Verbreitung von <i>Senecio aquaticus</i> in Deutschland mit Schwerpunkten in Flussniederungen und Moorbereichen (Bayern, Oberrheinebene und Schwarzwald, Niedersachsen, Schleswig-Holstein) (Quelle: FloraWeb, Bundesamt für Naturschutz 2006).....	18
Abbildung 5:	Typischer Feuchtwiesen-Standort von <i>Senecio aquaticus</i> westlich des Großen Alpsees bei Immenstadt (eigene Aufnahme)	19
Abbildung 6:	Lage der Versuchsflächen am Öschlesee sowie bei Martinszell im Landkreis Oberallgäu (Quelle: Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2013, www.geodaten.bayern.de , bearbeitet).....	29
Abbildung 7:	Umgebung der Versuchsflächen am Öschlesee im Landkreis Oberallgäu (Quelle: Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2013, www.geodaten.bayern.de , bearbeitet).....	31
Abbildung 8:	Umgebung der Versuchsfläche Martinszell im Landkreis Oberallgäu (Quelle: Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2013, www.geodaten.bayern.de , bearbeitet).....	32
Abbildung 9:	Lage und Nummerierung der einzelnen Versuchsflächen am Öschlesee.....	33
Abbildung 10:	Lage der Versuchsfläche auf einer Streuwiese in Martinszell.....	36
Abbildung 11:	Deckungsanteil von <i>Senecio aquaticus</i> auf den Versuchs- und Kontrollflächen am Öschlesee sowie in Martinszell.....	41
Abbildung 12:	Artenzahlen auf den Versuchs- und Kontrollflächen am Öschlesee sowie in Martinszell.....	45
Abbildung 13:	Shannon-Weaver-Index (abgewandelt) auf den Versuchs- und Kontrollflächen am Öschlesee sowie in Martinszell.....	46
Abbildung 14:	Deckungsanteil von Gräsern auf den Versuchs- und Kontrollflächen am Öschlesee ..	47

1. Zusammenfassung/Summary

Die Art *Senecio aquaticus* wird, wie andere Arten der Gattung *Senecio*, als Unkraut im Grünland eingestuft, da sie Pyrrolizidin-Alkaloide enthält, die toxisch für Vieh sind. Auch für den Menschen können diese Stoffe schädlich sein. Darüber hinaus besitzt die Pflanze eine gute Ausbreitungsfähigkeit durch frühe Blütenbildung, Windausbreitung und hohe Keimung sowie eine gute Regenerationsfähigkeit aus der langlebigen Samenbank. Im Grünland der Alpen hat sich *Senecio aquaticus* in jüngster Zeit ausgebreitet. Die Art bevorzugt feuchte bis nasse Wiesen und Weiden sowie Ränder von Bächen und moorige Bereiche. Auch im Allgäu haben viele Landwirte mit der Pflanze Probleme, weil die betroffenen Bereiche nicht mehr beweidet werden sollen und das Mähgut nicht verfüttert werden darf.

In einigen Studien wurden bereits Untersuchungen zu *Senecio*-Arten und zu *Senecio aquaticus* und den Möglichkeiten der Zurückdrängung dieser Arten aus dem Wirtschaftsgrünland untersucht. Die hier beschriebenen Untersuchungen im Allgäu sollen die Ergebnisse der bisherigen Studien ergänzen, d.h. es werden Management-Maßnahmen getestet, die nicht im Rahmen dieser Studien untersucht worden sind. Dazu zählt die Anwendung des Herbizids Simplex sowie das Striegeln mit anschließender Nachsaat. Im Jahr 2011 wurden hierzu insgesamt elf Versuchsflächen (neun Stück am Öschlesee und zwei Stück in Martinszell) eingerichtet, auf denen als „Tastversuche“ einzelne Management-Maßnahmen zur Zurückdrängung von *Senecio aquaticus* über zunächst drei Jahre durchgeführt und die Wirkung untersucht werden sollte. In diesem Master-Projekt wurden Begleituntersuchungen zu den o.g. Management-Versuchen durchgeführt. Diese hatten zum Ziel, die Effizienz der Management-Maßnahmen sowie die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Biodiversität (und damit auf den Naturschutz) mit Hilfe detaillierter Vegetationsaufnahmen und statistischer Auswertung festzustellen. Die Vegetationsaufnahmen fanden im Zeitraum von Anfang Juli bis Mitte Oktober 2012 statt und wurden in Anlehnung an die Methode von Braun-Blanquet durchgeführt.

Die Auswertungen bezüglich der Effizienz der getesteten Maßnahmen zeigten, dass eine Behandlung mit dem Herbizid Simplex (in Kombination mit einer mineralischen Düngung) die Abundanz von *Senecio aquaticus* signifikant reduzierte. Die Reduktion war auch nach einem Jahr ohne Simplex-Behandlung noch signifikant. Bei der Versuchsfläche, auf der *Senecio aquaticus* per Hand ausgestochen wurde, konnte eine Reduktion des Mittelwertes des Deckungsanteils von *Senecio aquaticus* gegenüber den Kontrollflächen festgestellt werden. Dies ist jedoch eine sehr aufwändige Methode. Bei den folgenden getesteten Behandlungsverfahren konnte bisher keine signifikante Reduktion des Deckungsanteiles von *Senecio aquaticus* festgestellt werden:

- Mechanische Maßnahme: Striegeln und Nachsaat,

- Anwendung des Herbizids Glyphosat sowie Nachsaat im Jahr 2011 und Mineraldüngung sowie Nachsaat im Jahr 2012,
- Ausdunkelung (Spätschnitt),
- Nachsaat mit Hochstaudenflurmischung.

Bei der mechanischen Maßnahme (Striegeln und Nachsaat) ergab sich sogar eine Erhöhung des Deckungsanteils von *Senecio aquaticus*. Dies war vermutlich durch die zahlreich vorhandenen Stellen offenen Bodens bedingt, auf denen sich *Senecio aquaticus* gegenüber anderen Arten durchsetzen kann. Der Spätschnitt bei der Ausdunkelungsvariante wurde im Jahr 2011 schon acht Tage nach der Mahd auf der zugehörigen Kontrollfläche durchgeführt. Erst 2012 wurde die Mahd auf der Fläche der Ausdunkelungsvariante zu einem nennenswert späteren Zeitpunkt (23.10.) vollzogen. Daher können genauere Angaben zu dieser Variante erst im weiteren Verlauf der Tastversuche gemacht werden. Ein signifikanter Unterschied in der Reduktionswirkung zwischen einmaliger und zweimaliger Mahd konnte nicht festgestellt werden.

Als Nebenwirkung der folgenden Behandlungen konnte eine signifikante Reduktion des Shannon-Weaver-Index (Maß für die Biodiversität) festgestellt werden:

- Mechanische Maßnahme: Striegeln und Nachsaat,
- Anwendung des Herbizids Glyphosat sowie Nachsaat im Jahr 2011 und Mineraldüngung sowie Nachsaat im Jahr 2012,
- Anwendung des Herbizids Simplex sowie Mineraldüngung (auch ein Jahr nach der Simplex-Behandlung).

In Bezug auf die Artenzahl war das Ergebnis allerdings nur bei den Flächen mit Simplex-Behandlung und Mineraldüngung eindeutig. Bei folgenden Flächen konnte kein signifikant geringerer Shannon-Weaver-Index und keine signifikant geringere Artenzahl festgestellt werden:

- Ausdunkelung (Spätschnitt),
- Nachsaat mit Hochstaudenflurmischung.

Bei den Flächen mit Simplex-Behandlung und Mineraldüngung zeigte sich darüber hinaus ein signifikant höherer Deckungsanteil von Gräsern als bei den Kontrollflächen. In der mit diesem Master-Projekt verbundenen Master-Arbeit wird der Einfluss der Mineraldüngung auf den Deckungsanteil von *Senecio aquaticus* und auf die Biodiversität genauer untersucht. Außerdem wird darin der Einfluss verschiedener Feuchte-Grade betrachtet.

Zusammenfassend können folgende Empfehlungen gemacht werden:

- Eine Behandlung mit dem Herbizid Simplex sowie eine mineralische Düngung kann zwar die Pflanze *Senecio aquaticus* wirkungsvoll bekämpfen, sie ist aber nicht für

Flächen geeignet, auf denen Auflagen des Vertragsnaturschutzprogramms (VNP), des Kulturlandschaftsprogramms (KULAP) oder des ökologischen Landbaus gelten.

- Das Ausstechen der Pflanze scheint wirksam zu sein, ist aber sehr aufwändig.
- Gute Erfahrungen wurden (in einer österreichischen Studie) mit einer dreimaligen Mahd (Anfang Juli, Anfang August, Anfang Oktober) gemacht.
- Die Ausdunkelungsmethode (Spätmahd) kann weiterverfolgt werden; der Erfolg in Bezug auf die Zurückdrängung von *Senecio aquaticus* jedoch scheint eher gering zu sein.
- Eine Nachsaat mit Hochstaudenflurmischung kann weiterverfolgt werden (ggf. mit geänderter Saatgutmischung). Diese Methode ist allerdings nach den bisherigen Erfahrungen nicht vielversprechend.

Darüber hinaus sollten insbesondere die folgenden Methoden weiterverfolgt werden:

- Biologische Bekämpfungsmöglichkeiten mit phytophagen Insekten (z.B. *Platyptilia isodactyla*),
- Anwendung von Bioherbiziden (z.B. Citronella-Öl),
- Pflügen gefolgt von Samenbett-Präparation,
- Suche nach Herbiziden, die spezifischer als Simplex wirken.

Summary

The species *Senecio aquaticus* is categorized as grassland weed (like other species of the genus *Senecio*), because it contains pyrrolizidine alkaloids, which are toxic to livestock. These substances can also be poisonous for humans. In addition the plant is flowering early and also produces numerous seeds. The seeds are dispersed easily by wind and germinate quickly; the species can also regenerate easily from the persistent seed bank. In recent years *Senecio aquaticus* has spread in the grassland of the European Alps. It prefers wet meadows and pastures as well as edges of rivers and marsh. Also at the north-edge of the Alps in the Bavarian region "Allgäu" many farmers have problems with this plant, because they cannot use the affected parts of their land as pasture and also may not use the hay to feed their livestock.

Some recent studies have focussed on *Senecio*- species and, more particularly *Senecio aquaticus* and the possibility to control the species in the grassland. The investigations in the "Allgäu"-region, which are described here, are aimed to complement these studies by testing new management-methods (for example the application of the herbicide "Simplex" and currying followed by re-sowing). In 2011 eleven test areas (treatments) were established (nine at the "Öschlesee" and two in "Martinszell") for first trials of some new management-methods to control *Senecio aquaticus*. These first trials were aimed to be carried out over at least 3 years. In the Master-project additional investigations to these

management experiments have been carried out. They aimed to assess the efficiency of the management-methods as well as the impact on biodiversity (and nature conservation) by vegetation assessments and statistical data analysis. The vegetation assessment was carried out between July and October 2012 following the method of Braun-Blanquet.

The analysis concerning the efficiency of the methods showed, that the application of the herbicide "Simplex" (together with the application of mineral fertilizer) significantly reduced the abundance of *Senecio aquaticus*. One year after the Simplex-application the reduction was still significant. On the treatment where *Senecio aquaticus* was dug out by hand, a lower arithmetic mean of the abundance of *Senecio aquaticus* was found in comparison to the control treatments. But the removal of the plant by hand is very laborious. The application of the following management-methods did not lead to a significant reduction of the abundance of *Senecio aquaticus*:

- mechanical treatment (currying followed by re-sowing),
- application of the herbicide "Glyphosat" and re-sowing (in 2011), application of mineral fertilizer and re-sowing (in 2012),
- darkening (late mowing),
- sowing of tall forbs.

The mechanical treatment (currying followed by sowing) even showed an increase of the abundance of *Senecio aquaticus*. This was probably caused by the areas of open soil, which was created by the currying. In these areas of open soil *Senecio aquaticus* can easily compete against other species. The late mowing on the "darkening"-treatment was carried out only 8 days after the mowing on the control area in 2011. Only in 2012 the mowing date on this treatment was later. For this reason exact results of this method cannot be presented at this time. No significant difference could be discovered between mowing once and mowing twice a year.

The following methods led to a significantly reduced Shannon-Weaver-Index (a measure for the biodiversity):

- mechanical treatment (currying followed by re-sowing),
- application of the herbicide "Glyphosat" and re-sowing (in 2011), application of mineral fertilizer and re-sowing (in 2012),
- application of the herbicide "Simplex" (together with the application of mineral fertilizer).

But the number of species only on the treatments with application of "Simplex" and mineral fertilizer was significantly lower. On the following treatments the Shannon-Weaver-Index and the number of species were not significantly lower:

- darkening (late mowing),
- sowing of tall forbs.

The treatments with application of “Simplex” and mineral fertilizer also showed a significantly higher abundance of grass species than on the control areas. In the associated master-thesis the influence of mineral fertilizer on the abundance of *Senecio aquaticus* and on the biodiversity is investigated. Also the influence of different levels of humidity is explored in the thesis.

In summary the following recommendations can be made:

- The application of the herbicide “Simplex” combined with mineral fertilization can reduce the abundance of *Senecio aquaticus*, but this method is not allowed in organic agriculture.
- The removal of the plant by hand is effective but very laborious.
- Good experience has been made with three times mowing (early July, early August and early October) in an Austrian study.
- The darkening method (late mowing) can be investigated more, but the success concerning the reduction of the abundance of *Senecio aquaticus* seems to be low.
- The sowing of tall forbs can be investigated longer (maybe with a different mixture of seeds), but the previous experience is not very promising.

Additionally the following methods should be considered:

- Biological controlling with phytophagous insects (for example *Platyptilia isodactyla*),
- Application of organic herbicides (for example citronella oil),
- Ploughing followed by re-sowing,
- Search for herbicides, which work more specific than “Simplex”.

2. Einführung in die Thematik

Die Gattung *Senecio* (Kreuzkraut bzw. Greiskraut) ist mit ca. 1250 Arten eine große Gruppe innerhalb der *Asteraceae* (Bresinsky *et al.* 2008). In Deutschland sind folgende *Senecio*-Arten im Wirtschaftsgrünland von Bedeutung (vgl. Floraweb, Bundesamt für Naturschutz 2006):

- *Senecio alpinus* (L.) Scop.,
- *Senecio aquaticus* Hill,
- *Senecio erratius* Bertol.,
- *Senecio erucifolius* L.,
- *Senecio inaequidens* D.C.,
- *Senecio jacobaea* L.,
- *Senecio vernalis* Waldst. & Kit.,
- *Senecio vulgaris* L.

Diese Arten (außer *Senecio inaequidens*) sind in Deutschland heimisch. *Senecio inaequidens* ist ein Neophyt, der sich in den letzten Jahren vor allem entlang von Bahnlinien und Straßen ausgebreitet hat (Conradi *et al.* 2011). Von den oben genannten Arten sind *Senecio aquaticus*, *Senecio jacobaea*, *Senecio vernalis*, *Senecio vulgaris* und *Senecio erucifolius* am weitesten verbreitet (vgl. Floraweb, Bundesamt für Naturschutz 2006).

Die Art *Senecio aquaticus* gehört, wie andere Arten der Gattung *Senecio*, zu den Unkräutern im Grünland, da sie sekundäre Pflanzenstoffe (Pyrrolizidin-Alkaloide) enthält, die toxisch für Vieh sind (Leiss 2010; Suter & Lüscher 2011). Im Grünland der Alpen hat sich *Senecio aquaticus* in jüngster Zeit ausgebreitet (Suter & Lüscher 2011). Auch im Allgäu mit seinen hohen Jahresniederschlägen sind die Standortvoraussetzungen für das Vorkommen von *Senecio aquaticus* vielerorts gegeben (vgl. Master-Arbeit: Hennings 2013) und viele Landwirte haben mit der Pflanze Probleme, weil die betroffenen Bereiche nicht mehr beweidet und das Mähgut nicht verfüttert werden sollten.

In Kapitel 3 wird der Begriff Unkraut bzw. Ungras definiert und es werden Bekämpfungsmöglichkeiten dieser Arten zusammengefasst. Das Kapitel 4 befasst sich mit den Problemen von *Senecio*-Arten im Wirtschaftsgrünland. In Kapitel 5 werden Morphologie, Verbreitung, Standortansprüche, Vergesellschaftung und Ausbreitung der Art *Senecio aquaticus* dargestellt. In einigen Studien wurden bereits Untersuchungen zu *Senecio*-Arten und zu *Senecio aquaticus* und den Möglichkeiten der Zurückdrängung dieser Art aus dem Wirtschaftsgrünland untersucht (vgl. Kapitel 6). Die hier beschriebenen Untersuchungen (Kapitel 7) sollen die Ergebnisse der bisherigen Studien ergänzen, d.h. es werden Management-Maßnahmen getestet, die nicht im Rahmen dieser Studien untersucht worden sind.

3. Allgemeines zu Unkräutern im Grünland

Definition „Unkraut“ bzw. „Ungras“

Auf Weideflächen und Mähwiesen, die der Futterproduktion dienen, sind nur diejenigen Gräser und Kräuter erwünscht, die für die Ernährung der Nutztiere eine positive Rolle spielen. Andere Gräser und Kräuter sind aus unterschiedlichen Gründen unerwünscht (sog. „Ungräser“ bzw. „Unkräuter“) (Kuhn *et al.* 2011). Beispiele sind Pflanzen mit einem geringen Futterwert oder Pflanzen mit giftigen Inhaltsstoffen.

Während auf Ackerflächen im Allgemeinen jede nicht angesäte Pflanze unerwünscht ist, gestaltet sich die Abgrenzung von erwünschten und unerwünschten Arten im Grünland komplizierter (Voigtländer *et al.* 1987). In jedem Falle unerwünscht sind nach Voigtländer *et al.* (1987) Arten mit folgenden Eigenschaften:

- giftige Pflanzen,
- Platz- und Nährstoffräuber,
- Halb- und Vollscharotzer.

Giftige Pflanzen enthalten Stoffe, die für das Nutztier schädlich sind. Die Gifte gehören meist zu den Gruppen Glycoside, Alkaloide oder Gerbstoffe (Briemle 2000). *Senecio aquaticus* zählt zu den Giftpflanzen, da diese Pflanze Pyrrolizidin-Alkaloide enthält (Siehe Kapitel 4). Weitere im Grünland unerwünschte Giftpflanzen sind zum Beispiel *Senecio jacobaea* und *Colchicum autumnale* (Elsäßer *et al.* 2010). Platz- und Nährstoffräuber sind nach Voigtländer *et al.* (1987) Pflanzen, die von den Nutztieren nicht gefressen werden. Als Beispiele sind *Cirsium palustre*, *Deschampsia cespitosa* und *Geranium sylvaticum* zu nennen (vgl. Briemle 1996). Diese Pflanzen werden deshalb nicht gefressen, weil sie beispielsweise durch Stacheln (wie bei Disteln) Verletzungen hervorrufen können oder weil sie einen geringen Futterwert haben (z.B. *Rumex obtusifolius*) (Elsäßer *et al.* 2010). Auch Pflanzen mit eng am Boden anliegenden Rosetten (z.B. *Plantago media*) werden vom Nutztier nicht gefressen und beim Mähen nicht erfasst und zählen daher zu den Platz- und Nährstoffräubern (Börner 1995). Als Hemi- bzw. Holoparasiten (Halb-/Vollscharotzer) werden Pflanzen bezeichnet, die den Nutzpflanzen Wasser, Nährsalze und (bei Holoparasiten) Assimilate entziehen (Bresinsky *et al.* 2008). Ein Beispiel eines Halbscharotzers, der in Wiesen vorkommt, ist *Rhinanthus alectorolophus* (Elsäßer *et al.* 2010). Nach Börner (1995) sind auch solche Pflanzen auf Weiden unerwünscht, die den Wert der tierischen Erzeugnisse verringern. Zum Beispiel können durch Kühe aufgenommene Lauchpflanzen den Geschmack der Milch negativ beeinflussen.

Daneben gibt es sogenannte „fakultative“ Unkräuter bzw. Ungräser, die nur einen geringen Wert für die Nutztiere haben (Voigtländer *et al.* 1987). Beispiele sind *Taraxacum officinale*, *Heracleum sphondylium* und *Anthriscus sylvestris*. Der Wert von Pflanzen für die Nutztiere

kann beispielsweise mit der Wertzahl nach Klapp *et al.* (1953) oder mit dem Futterwert nach Briemle *et al.* (1996) angegeben werden (vgl. Tabelle 1). In die Wertzahl nach Klapp gehen folgende Kriterien ein (vgl. Briemle *et al.* 2002):

- Eiweiß- und Mineralstoffgehalte,
- Schmackhaftigkeit und Beliebtheit beim Nutztvieh,
- Anteil wertvoller Pflanzenteile (Blätter, Stängel, Blüten, Früchte),
- Zeitdauer der Vollwertigkeit als Futterpflanze,
- Nutzbarkeit und Aberntbarkeit der Art,
- Schädlichkeit, Giftigkeit und Schmarotzertum,
- Zulässiger Anteil im Pflanzenbestand.

Fakultative Unkräuter bzw. Ungräser haben entsprechend Voigtländer *et al.* (1987) eine Wertzahl nach Klapp im Bereich von 1 bis 6. Ob ein fakultatives Unkraut unerwünscht bzw. bekämpfungswürdig ist, hängt von folgenden Faktoren ab (Voigtländer *et al.* 1987):

- Menge (Biomasse pro Pflanze, Deckung, Verteilung),
- Entwicklungsstadium,
- Zustand bei der Verfütterung.

Tabelle 1: Vergleich der Wertzahl nach Klapp *et al.* (1953) und des Futterwerts nach Briemle *et al.* (1996) (Quelle: Briemle *et al.* 2002)

Wertzahl (alt) (nach Klapp <i>et al.</i> 1953)	Futterwert (neu) (nach Briemle 1996)	Futterwert
-1	1	giftig für Nutztier (und Mensch)
0	2	kein Futterwert
1	2	sehr geringer Futterwert
2	3	geringer Futterwert
3	4	zwischen 3 und 5 stehend
4	5	mittlerer Futterwert
5	6	zwischen 5 und 7 stehend
6	7	hoher Futterwert
7	8	zwischen 7 und 9 stehend
8	9	besten Futterwert

Einfluss von selektiver Über- und Unterbeweidung

Bei Weideflächen werden die Pflanzen im Gegensatz zu Mähwiesen selektiv abgefressen, denn es werden bevorzugt die schmackhaften Pflanzen bzw. Pflanzenteile vom Vieh ausgewählt. Sowohl eine Überbeweidung bei knappem Futterangebot als auch eine Unterbeweidung bei zu hohem Futterangebot kann daher problematisch sein (Dierschke & Briemle 2002). Die Selektivität der Beweidung führt zu einer Verschiebung der

Konkurrenzverhältnisse, d.h. die Pflanzen, welche nicht gefressen werden, bekommen einen Konkurrenzvorteil und können im Bestand zunehmen; dadurch nimmt die Futterqualität ab (Voigtländer *et al.* 1987).

Bei selektiver Unterbeweidung werden nur die schmackhaftesten Arten ausgewählt und es bleiben viele Pflanzen stehen, also auch solche mit brauchbarem Futterwert. Die stehengebliebenen Futterpflanzen werden überständig und bilden viele Fasern, wodurch die Futterqualität weiter abnimmt (Dierschke & Briemle 2002). Auch hochwüchsige Kräuter, wie z.B. *Cirsium arvense* und *Rumex obtusifolius* werden aufgrund ihrer geringen Attraktivität geschont (Voigtländer *et al.* 1987).

Nach Voigtländer *et al.* (1987) kann eine selektive Überbeweidung wie folgt beschrieben werden:

Bei einer selektiven Überbeweidung werden die Pflanzen zu stark verbissen. Auch nachwachsende Pflanzenteile werden schnell erneut verbissen. Dadurch bekommen die gemiedenen Pflanzen einen zusätzlichen Konkurrenzvorteil. Diese sind beispielsweise verdornete, behaarte oder giftige Pflanzen sowie nicht erfassbare Rosettenpflanzen.

Bekämpfung

Voigtländer *et al.* (1987) unterscheiden zwischen direkter und indirekter Bekämpfung von Weideunkräutern und erklären die indirekte Bekämpfung wie im Folgenden beschrieben. Eine indirekte Bekämpfung hat zum Ziel, die Standortfaktoren (inkl. Nährstoff- und Wasserversorgung), sowie die Pflege und Nutzung der erwünschten Arten zu optimieren. Diese Maßnahmen setzen an den Ursachen des Vorkommens von Unkräutern bzw. Ungräsern an. Dazu zählt beispielsweise eine Verbesserung des bodenchemischen Zustands (z.B. durch Düngung mit Gülle, Stallmist oder Mineraldünger sowie durch Kalkung) oder eine Intensivierung der Beweidung bei Unterbeweidung (vgl. Tabelle 2). Ein weiteres Beispiel sind Maßnahmen gegen einen Wasserüberschuss. Bei *Senecio aquaticus*, *Caltha palustris* und anderen feuchteliebenden Arten spielt dies eine besondere Rolle. Maßnahmen gegen eine Vernässung können daher geeignete indirekte Bekämpfungsmaßnahmen für diese auf Mähwiesen und Weiden unerwünschten Arten sein. In Bezug auf die Nutzung kann beispielsweise der Zeitpunkt und die Art der Nutzung (z.B. Beweidung anstatt Mahd, Höhe des Schnitts bei Mahd) angepasst werden. Eine Pflegemaßnahme kann zum Beispiel eine Nachsaat von erwünschten Arten sein, wodurch die Grasnarbe geschlossen werden kann.

Des Weiteren können nach Lochner & Breker (2012) die folgenden mechanischen Pflegemaßnahmen der indirekten Unkrautbekämpfung dienen:

- Entfernen von Maulwurfshaufen mit einer Schleppe,
- Walzen,
- Nachmähen.

Im Bereich von Maulwurfshaufen kommt offener Boden vor, auf dem Weideunkräuter (z.B. Ampfer) bevorzugt wachsen können. Dies gilt auch für Bereiche von Wühlmausschäden. Mit Hilfe einer Schleppe kann der Landwirt die Maulwurfshaufen entfernen. Durch Walzen kann im Frühjahr der Bodenschluss wiederhergestellt und die Wasserführung verbessert werden. Das Nachmähen dient dem Zurückdrängen von Geilstellen. Dies sind Bereiche am Rand von Kothaufen, welche von den Weidetieren beim Grasen ausgelassen werden, so dass die Pflanzen dort (auch durch die hohe Nährstoffzufuhr) besonders stark wachsen, während sich in der Mitte der Kothaufen unerwünschte Kräuter ansiedeln können.

Direkte Bekämpfungsmaßnahmen sind nach Voigtländer *et al.* (1987) Herbizidbehandlung (mit selektiv wirkenden Herbiziden oder Totalherbiziden) sowie mechanische Bekämpfung und Neuansaat. Direkte Maßnahmen haben im Gegensatz zu den indirekten Maßnahmen nach Voigtländer *et al.* (1987) nur eine kurzfristige Wirkung. Sie können jedoch die Basis für die indirekte Bekämpfung darstellen.

Bei den Herbiziden wird nach Voigtländer *et al.* (1987) zwischen Kontaktherbiziden und systemisch wirkenden Herbiziden unterschieden. Kontaktherbizide wirken auf die Pflanzenteile bei Kontakt zerstörend. Bei systemisch wirkenden Herbiziden werden die Stoffe in die Pflanze aufgenommen und können (direkt oder indirekt über Umwandlungsprodukte) Stoffwechselfvorgänge negativ beeinflussen. In Bezug auf die Anwendung von Herbiziden wird zwischen Flächenbehandlung und Einzelpflanzenbehandlung unterschieden.

Der Einsatz von Herbiziden ist jedoch mit Nachteilen verbunden und sollte deshalb sorgfältig abgewogen werden. Mögliche negative Auswirkungen von Herbizideinsatz sind nach Börner (1995):

- Gefährdung des Menschen,
- Belastung des Grund- bzw. Oberflächenwassers,
- Beeinträchtigung der Bodenmikroflora und Bodenfauna,
- Nebenwirkungen auf Nutztiere und Pflanzenkrankheiten,
- Resistenzen bei den Unkräutern bzw. Ungräsern.

Zu den direkten mechanischen Bekämpfungsmaßnahmen kann die Einzelpflanzenbekämpfung mittels Ausstechen sowie eine Zerstörung der vorhandenen Narbe mittels einer Fräse (und anschließender Neuansaat) gezählt werden (Lochner & Breker 2012). Auch die Bearbeitung mit einer Egge oder einem Striegel sind Methoden der direkten mechanischen Bekämpfung. Beim Eggen werden Unkräuter herausgerissen und verschüttet. Es ist anzumerken, dass die Egge eine selektive Wirkung besitzt, da Pflanzen, die aus tiefer liegenden Bodenschichten aufwachsen, damit nicht bekämpft werden. Ein Striegel (der noch weniger tief in den Boden eingreift als eine Egge) ist besser an den Boden angepasst als eine Egge und ist daher wirksamer in Bezug auf die Unkrautbekämpfung (Börner (1995)).

Zu den direkten Maßnahmen kann die biologische Bekämpfung noch hinzugefügt werden. Ein bedeutendes Beispiel für eine biologische Bekämpfung von Unkräutern ist die Zurückdrängung von Opuntienarten in Australien. Diese Feigenkakteen hatten sich nach deren Einführung stark ausgebreitet, wodurch Weideland nicht mehr nutzbar war. Die Opuntien wurden durch die Einbürgerung von phytophagen Insekten (u.a. des argentinischen Kleinschmetterlings *Cactoblastis cactorum*) erfolgreich bekämpft (Heitefuss 2000). In den USA wurde das eingeschleppte *Hypericum perforatum*, welches für Vieh giftig ist, mit Hilfe der Blattkäfer *Chrysolina hyperici* und *Chrysolina quadrigemina* zurückgedrängt (Heitefuss 2000).

Eine weitere direkte Bekämpfungsmaßnahme ist die thermische Unkrautbekämpfung durch Abflämmen. Damit können z.B. *Polygonum aviculare* und *Senecio vulgaris* effektiv bekämpft werden (Börner 1995).

Tabelle 2: Zusammenfassung möglicher Unkrautbekämpfungsmaßnahmen im Grünland
(eigene Zusammenstellung auf Basis der im Text zitierten Quellen, ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

Indirekte Unkrautbekämpfung		Direkte Unkrautbekämpfung	
Art der Maßnahme	Beispiele	Art der Maßnahme	Beispiele
Verbesserung des bodenchemischen Zustands	Gülledüngung	Herbizidanwendung	Selektiv wirkende Herbizide
	Stallmist-Düngung		Totalherbizide
	Mineraldüngung		Kontaktherbizide
	Kalkung		Systemisch wirkende Herbizide
Anpassung der Nutzung	Anpassung der Nutzungs-Intensität	Mechanische direkte Unkrautbekämpfung (ggf. mit anschließender Neuansaat)	Ausstechen
	Anpassung der Nutzungs-Art		Fräsen
Pflegemaßnahmen	Ausbildung einer geschlossenen Grasnarbe (z.B. durch Nachsaat)		Eggen
	Verhinderung einer Vernässung (z.B. durch Drainage) oder von Trockenheit		Striegeln
	Verhinderung einer übermäßigen Bodenverdichtung	Biologische Bekämpfung	Phytophage Insekten
	Mechanische Pflegemaßnahmen	Thermische Verfahren	Abflämmen

4. Probleme mit *Senecio*-Arten im Wirtschaftsgrünland

Die Arten der *Senecio*-Gattung beinhalten verschiedene Gruppen von sekundären Pflanzenstoffen, die sie vor Herbivoren schützen. Zu diesen sekundären Pflanzenstoffen zählen Phenylpropanoide, Flavonoide, Benzochinone und insbesondere Pyrrolizidin-Alkaloide (Leiss 2011).

Pyrrolizidin-Alkaloide sind toxisch für Vieh (Suter & Lüscher 2011). Sowohl der Verzehr von frischen als auch getrockneten Pflanzen (in Form von Silage bzw. Heu) kann Leberschäden bei den Tieren hervorrufen (Candrian *et al.* 1984, zit. in: Leiss 2011). Aufgrund der toxischen Eigenschaften verursachen *Senecio*-Arten eine erhöhte Sterblichkeit bei den Nutztieren sowie geringere landwirtschaftliche Erträge in Teilen von Europa, Nordamerika, Australien und Asien (Roberts *et al.* 2006). Bei den Kreuzkräutern sind alle Entwicklungsstadien (insbesondere der Zeitpunkt des Blütenstadiums) giftig (Gehring *et al.* 2012). *Senecio jacobaea* hat von allen heimischen *Senecio*-Arten die stärkste Giftwirkung (Briemle 2000). Daneben haben *Senecio aquaticus* und *Senecio alpinus* höhere Konzentrationen an Pyrrolizidin-Alkaloiden (Gehring *et al.* 2012). Während *Senecio aquaticus* bevorzugt in nassen Wiesen vorkommt, ist *Senecio jacobaea* eher in Mager-, Trocken- und Halbtrockenrasen sowie Krautfluren und Säumen zu finden. Der Lebensraum von *Senecio alpinus* ist im subalpinen und alpinen Bereich in Hochstaudenfluren, Gebüsch und in überdüngten Weiden (vgl. BiolFlor, Klotz *et al.* 2013).

Auch für den Menschen können diese Stoffe schädlich sein. Nach Edgar *et al.* (2002) (zit. in: Leiss 2011) ist in einigen europäischen Ländern für Pyrrolizidin-Alkaloide ein Grenzwert von 0,1 µg als maximale tägliche orale Dosis bzw. 0,1 µg pro 100 g Nahrungsmittel festgelegt worden. Bei Futter-Experimenten mit Kühen wurden jedoch bis zu 10 µg pro 100 ml Milch gefunden. Darauf basierend wurde die natürlich vorkommende mögliche Konzentration von Pyrrolizidin-Alkaloiden in Kuhmilch mit maximal 0,2 µg pro 100 ml Milch abgeschätzt (Candrian *et al.* 1991, zit. in: Leiss 2011). In kommerziellem Honig wurden Konzentrationen von 0,19 µg bis 12 µg pro 100 g gefunden (vgl. Kempf *et al.* 2008, zit. in: Leiss 2011).

Neben der Giftigkeit ist die gute Ausbreitungsfähigkeit der *Senecio*-Arten durch Windausbreitung ein Problem. So können sie bei Veränderungen der Lebensräume schnell auswandern. Auch genetisch können sie sich rasch an Veränderungen anpassen, so dass eine schnelle Ausbildung von Resistenzen gegen Herbizide denkbar ist (Conradi *et al.* 2011).

5. Biologie von *Senecio aquaticus*

Morphologie

Senecio aquaticus (Abbildungen 1 - 3) ist ein Hemikryptophyt und wird bis maximal 90 cm hoch; die Pflanze besitzt aufrechte (kantige bzw. gerillte) Stengel (Sebald *et al.* 1996). Die Blätter, Blüten und Samen sind nach Lauber & Wagner (2012) wie folgt beschrieben. Die Blätter sind kahl oder zerstreut spinnwebig und gelbgrün. Die oberen Blätter sind fiederschnittig, während die unteren Blätter einen breit-lanzettlichen Endabschnitt haben. Die untersten Blätter sind oft ungeteilt. Die zahlreichen Köpfe sind als doldige Rispe angeordnet und haben einen Durchmesser von 2-3 cm. Sowohl die Zungen- als auch die Röhrenblüten sind gelb. Die Samen besitzen einen ca. 3 mm langen Pappus.



Abbildung 1: *Senecio aquaticus* im Blütenstadium auf den Versuchsfeldern am Öschlesee im Allgäu (eigene Aufnahme)



Abbildung 2: *Senecio aquaticus*: Einzelpflanze im Blütenstadium (eigene Aufnahme)



Abbildung 3: Rosetten von *Senecio aquaticus* auf den Versuchsfeldern am Öschlesee (eigene Aufnahme)

Verbreitung

Senecio aquaticus ist in Teilen Europas heimisch und hat in Deutschland eine weite Verbreitung (Abbildung 4). Dies gilt insbesondere für Bayern, das westliche Baden-Württemberg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Die Vorkommens-Schwerpunkte liegen in Bereichen mit mittlerem bis hohem Jahresniederschlag, vor allem in Flussniederungen sowie in Bereichen mit Vorkommen von Hoch- oder Niedermooren. In Regionen mit einem geringen Jahresniederschlag (Teile von Thüringen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Rheinland-Pfalz u.a.) ist *Senecio aquaticus* dagegen weniger zu finden.

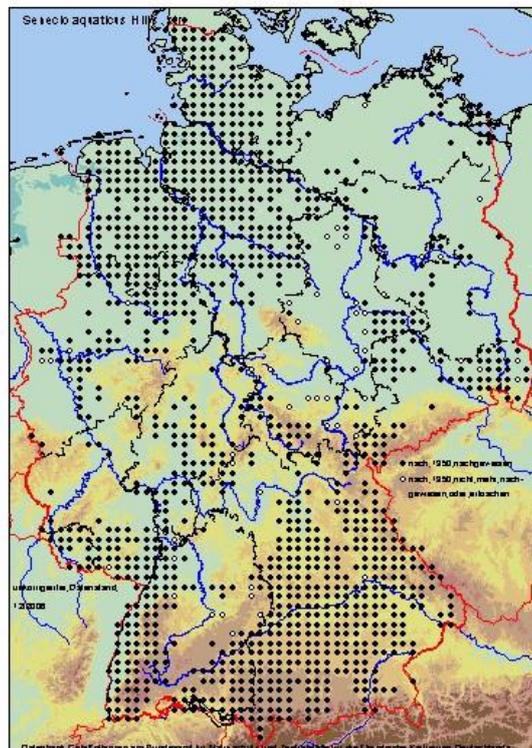


Abbildung 4: Verbreitung von *Senecio aquaticus* in Deutschland mit Schwerpunkten in Flussniederungen und Moorbereichen (Bayern, Oberrheinebene und Schwarzwald, Niedersachsen, Schleswig-Holstein) (Quelle: FloraWeb, Bundesamt für Naturschutz 2006)

Die Art kommt weiterhin in Teilen Europas (West- und Mitteleuropa, Norditalien) vor (Sebald *et al.* 1996, FloraWeb (Bundesamt für Naturschutz 2006)), vor allem in der planar-collinen Höhenstufe (Flach- und Hügelland) (FloraWeb (Bundesamt für Naturschutz 2006)). Im nördlichen Voralpenland der Schweiz ist sie auf 400–1200 m Höhe zu finden (Suter & Lüscher 2011).

In manchen Regionen ist *Senecio aquaticus* selten und teilweise auf der Roten Liste (Suter & Lüscher 2011). Nach Leiss (2011) nimmt die Abundanz von *Senecio*-Arten jedoch in West-

und Zentral-Europa zu. Im Grünland der Alpen hat sich *Senecio aquaticus* in jüngster Zeit ausgebreitet (Suter & Lüscher 2011).

Standort

Als Standort bevorzugt *Senecio aquaticus* feuchte bis nasse Wiesen und Weiden sowie Ränder von Bächen und moorige Bereiche (BioFlor (Klotz *et al.* 2013)). *Senecio aquaticus* werden nach FloraWeb (Bundesamt für Naturschutz 2006) die in der Tabelle 3 angegebenen Zeigerwerte nach Ellenberg zugeordnet. Ein typischer Feuchtwiesen-Standort im Allgäu ist in Abbildung 5 dargestellt.

Tabelle 3: Zeigerwerte nach Ellenberg von *Senecio aquaticus* (Quelle: FloraWeb (Bundesamt für Naturschutz 2006))

Art des Zeigerwerts	Wert	Beschreibung
Lichtzahl	7	Halblichtpflanze
Temperaturzahl	6	Mäßigwärme- bis Wärmezeiger
Kontinentalitätszahl	2	Seeklima zeigend
Feuchtezahl	8	Feuchte- bis Nässezeiger
Reaktionszahl	4	Säure- bis Mäßigsäurezeiger
Stickstoffzahl	5	Mäßigen Stickstoffreichtum anzeigend
Salzzahl	0	Nicht salzertragend
Schwermetallresistenz	-	Nicht schwermetallresistent



Abbildung 5: Typischer Feuchtwiesen-Standort von *Senecio aquaticus* westlich des Großen Alpsees bei Immenstadt (eigene Aufnahme)

Vergesellschaftung

Senecio aquaticus kommt häufig in Sumpfdotterblumen-Futterwiesen (*Calthion palustris*) vor (FloraWeb (Bundesamt für Naturschutz 2006), Dierschke & Briemle 2002). Es handelt sich dabei um Feuchtwiesen nährstoffreicher Standorte. Bei diesem Pflanzenverband treten nach Ellenberg & Leuschner (2010) außer *Senecio aquaticus* häufig folgende Arten auf:

- *Bromus racemosus*,
- *Caltha palustris*,
- *Cirsium oleraceum*,
- *Lotus uliginosus*,
- *Myosotis palustris*,
- *Polygonum bistorta*.

Keine der genannten Arten sind allerdings in diesem Verband durchgehende Charakterarten. Typisch in diesem Verband ist auch das Fehlen von Arten der Verbände *Arrhenatherion elatioris* und *Molinion caeruleae*.

Nach Ellenberg & Leuschner (2010) gab es im nordwestdeutschen Tiefland bodensaure Feuchtwiesen – sogenannte Wassergreiskrautwiesen (*Bromo-Senecionetum aquatica*) – mit *Senecio aquaticus* als Charakterart. Diese Wiesen sind jedoch durch eine zu hohe Düngung selten geworden. Bei den Wassergreiskrautwiesen handelt es sich zwar um nährstoffreiche Standorte, aber eine zu hohe Stickstoffdüngung wurde als nachteilig für das Vorkommen von *Senecio aquaticus* beobachtet (vgl. Suter & Lüscher 2008). Dies wird in der Master-Arbeit (Hennings 2013) näher untersucht.

Überdauerung und Ausbreitung

Senecio aquaticus ist eine zweijährige Art, die unter bestimmten Umständen (z.B. durch Mahd) mehrjährig werden kann. In der Studie von Bassler *et al.* (2011) wurden einige Pflanzen mindestens 6 Jahre alt. Die Überwinterung erfolgt in Form von Rosetten. Von Juni bis Oktober können Blüten gefunden werden. Nach dem Mähen produziert *Senecio aquaticus* schnell wieder Blüten und eine große Menge an Samen, die vom Wind ausgebreitet werden. Die Samen haben eine große Überlebensrate und keimen schnell, wobei die Keimung durch Lichteinfall ausgelöst wird. Auf Grund dieser Eigenschaften hat *senecio aquaticus* besonders an Stellen mit offenem Boden einen Konkurrenzvorteil. Darüber hinaus wird eine große, langlebige Samenbank ausgebildet, so dass sich die Art auch nach einer längeren Phase mit ungünstigen Bedingungen auf einem Standort wieder etablieren kann. Diese Angaben beruhen auf den Untersuchungen von Suter & Lüscher (2008 bzw. 2011). Näheres zu diesen Ergebnissen ist in Kapitel 6 zu finden.

6. Ergebnisse bisheriger Studien zur Bekämpfung von *Senecio aquaticus*

Schweizer Studie von Suter & Lüscher (vgl. Suter & Lüscher 2008, 2011, 2012)

Im Jahr 2005 haben M. Suter und A. Lüscher eine Erhebung zum Vorkommen von *Senecio aquaticus* im Schweizer Grasland durchgeführt (Suter & Lüscher 2008). Dabei wurde festgestellt, dass bei folgenden Bedingungen ein hohes Risiko für das Vorkommen von *Senecio aquaticus* vorhanden ist:

- Geringe Düngung (je höher der Stickstoff-Gehalt im Boden, umso weniger kommt *Senecio aquaticus* vor),
- Wechsel der Management-Intensität,
- Starke Hanglage,
- Lückige Grasnarbe.

Ein Wechsel der Management-Intensität bewirkt eine Veränderung der Vegetation. In dem Übergangszustand ist die Ansiedelung von *Senecio aquaticus* begünstigt. Eine starke Hanglage kann zu einer lückigen Vegetation und damit zu einem Vorteil für *Senecio aquaticus* führen.

Des weiteren haben die Untersuchungen gezeigt, dass folgende Arten häufig gemeinsam mit *Senecio aquaticus* vorkommen:

- *Cynosurus cristatus*,
- *Filipendula ulmaria*,
- *Juncus effuses*.

Arten, die meist in Beständen mit *Senecio aquaticus* fehlen, sind entsprechend dieser Studie:

- *Dactylis glomerata*,
- *Ranunculus repens*,
- *Taraxacum officinale* agg.

Die Studie kommt zu dem Schluss, dass *Senecio aquaticus* langfristig am besten bekämpft werden kann, indem Schäden der Grasnarbe vermieden werden und dichter Bewuchs geschaffen wird.

In den Jahren 2007 bis 2009 wurden von M. Suter und A. Lüscher in fünf Gebieten in der Schweiz verschiedene Management-Methoden auf die Wirksamkeit bezüglich der Verringerung von *Senecio aquaticus* untersucht (Suter & Lüscher 2011). Es ging dabei vorwiegend um Methoden, die auch im ökologischen Landbau anwendbar sind. Häufiges Mähen reicht bei *Senecio aquaticus* nicht aus, da die Pflanze sehr schnell Samen produziert.

Die Mähabstände müssten dann so klein sein, dass erwünschte Futterarten auch geschädigt würden.

Folgende Management-Methoden wurden dreifach in einem zufällig angelegten Block-Design untersucht:

- Pflügen gefolgt von Bodenkultivierung und Ansaat einer Graslandmischung,
- Eggen gefolgt von Ansaat einer Graslandmischung,
- Anwendung des Herbizids MCPA (2-Methyl-4-chlorphenoxyessigsäure),
- Herausziehen oder Ausgraben der Pflanzen,
- Reduktion der Management-Intensität (einmal jährliches Mähen).

Die Maßnahmen fanden innerhalb des ersten Jahres statt. Nach einem Jahr wurde durch einmal jährliches Mähen und mit Herbizideinsatz die beste Wirkung erzielt. Die Wirkung war jedoch nur bei geringer Anfangsdichte von *Senecio aquaticus* signifikant. Herausziehen bzw. Ausgraben war nur teilweise und in geringem Maße wirksam. Die anderen Maßnahmen hatten keine signifikante Reduktionswirkung.

Nach drei Jahren konnte bei keiner Maßnahme eine signifikante Reduktion von *Senecio aquaticus* festgestellt werden. Die Artenzahl war ebenfalls nach dem dritten Jahr nur geringfügig durch die Maßnahmen beeinflusst. Die Deckungsanteile von Gräsern, Leguminosen und Kräutern wurden jedoch durch die Maßnahmen verändert:

- Durch Pflügen und Herbizide wurden Gräser bevorzugt und Kräuter reduziert.
- Die Anwendung des Herbizids sowie jährliches Mähen verringerte den Deckungsanteil von Leguminosen.
- Durch Übersähen wurden Gräser reduziert und Kräuter bevorzugt.

Suter und Lüscher (2011) kamen zu der Vermutung, dass vorsichtiges Pflügen (wodurch die bestehenden Pflanzen vergraben werden) gefolgt von einer Samenbett-Präparation der obersten Schicht einen Erfolg zur Bekämpfung von *Senecio aquaticus* bewirken könnte. Eine weitere Schlussfolgerung aus den Experimenten ist, dass durch einen späten Zeitpunkt der ersten Mahd (Ende der Wachstumsperiode) das Wachstum von *Senecio aquaticus* durch die Konkurrenz um Licht reduziert wird.

Da *Senecio aquaticus* aus wenigen Individuen neue Populationen entwickeln kann, plädieren Suter und Lüscher für eine Null-Toleranz-Strategie. Durch eine erste Maßnahme sollte *Senecio aquaticus* ganz entfernt bzw. so stark wie möglich reduziert werden. Danach müssen weitere Maßnahmen erfolgen, um die überlebenden Individuen zu bekämpfen.

In weiteren Untersuchungen (vgl. Suter & Lüscher 2012) wurde gezeigt, dass *Senecio aquaticus* schnell keimt und eine große Samenbank ausbildet. Auch die Überlebensrate der Samen ist sehr hoch. Daher ist die Verhinderung der Ausbildung von Samen für die Bekämpfung von entscheidender Bedeutung. Die Keimung der Samen wird durch direkten

Lichteinfall und somit in Bereichen mit offenem Boden begünstigt. Zur Überlebensdauer der Samen wurden keine Untersuchungen gemacht. Aufgrund der nahen Verwandtschaft zu *Senecio jacobaea* wird angenommen, dass die Überlebensdauer der Samen ähnlich ist, d.h. mehr als 10 Jahre betragen kann. Aufgrund dieser langen Überlebensdauer ist die Bekämpfung von *Senecio aquaticus* schwierig, wenn sich die Art etabliert und eine Samenbank ausgebildet hat.

Studie von Roberts & Pullin (2007)

In dieser Studie werden die Ergebnisse von Untersuchungen zu Management-Methoden für Kreuzkräuter mit Hilfe einer umfangreichen Literaturrecherche zusammengetragen. Die Analyse zeigt, dass die Herbizide 2,4-D Berghoff (Wirkstoff 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure), Asulam (Methyl 4-Aminophenylsulfonycarbamat) (vgl. Schweizerische Eidgenossenschaft 2013), Clopyralid (3,6-Dichloropyridin-2-Carboxylsäure) und MCPA (4-Chlor-2-Methyl-Phenoxyessigsäure) (vgl. Schweizerische Eidgenossenschaft 2013) bei Kreuzkräutern wirksam sind. Allerdings war in den untersuchten Studien bei *Senecio aquaticus* nur Asulam wirksam. Dieses Herbizid ist jedoch seit 2011 in der Europäischen Union verboten (vgl. Durchführungsverordnung Nr. 1045/2011, Europäische Kommission 2011). Herbizide dürfen nicht in der Nähe von Gewässern oder in geschützten Gebieten angewendet werden.

Die untersuchten Studien geben keinen Hinweis auf natürliche Feinde, die gegen *Senecio aquaticus* wirksam sind. Es wurden allerdings natürliche Feinde gefunden, die *Senecio jacobaea* reduzieren können.

Studie von K.A. Leiss (2011)

Diese Untersuchung beruht wie die vorher besprochene Studie auf einer Literaturrecherche zu Management-Verfahren für verschiedene Kreuzkräuter. Im Folgenden werden einige wichtige Erkenntnisse aus dieser Recherche dargestellt.

Mechanische Entfernung:

Bei *Senecio jacobaea* ist eine mechanische Kontrolle aufwändig, da neben der Krone alle größeren Wurzeln entfernt werden müssen. Durch Abflämmen konnten nach Wardle (1987) 93 % von *Senecio jacobaea* im Samenstadium vernichtet werden. Daneben kann *Senecio jacobaea* durch tiefes Pflügen gefolgt von Kultivierung bekämpft werden (McLaren & Faithfull 2004). Da es aus der Diasporenbank regeneriert, muss es danach unterdrückt werden. Spezielle Angaben zur mechanischen Bekämpfung von *Senecio aquaticus* werden nicht gemacht.

Weide-Management:

Durch das Weide-Management muss eine dichte und dauerhafte Grasnarbe geschaffen werden. Trittschäden und Überbeweidung sollten begrenzt werden, da sie Lücken schaffen, in denen sich Kreuzkräuter ansiedeln können (Silvertown & Smith 1989). Durch Düngung kann die Widerstandsfähigkeit der Pflanzen erhöht werden.

Die Pyrrolizidin-Alkaloide im Mähgut können durch Verbrennung, aber auch durch Kompostierung entfernt werden. Nach Crews et al. (2009) sind die Pyrrolizidin-Alkaloide nach zehn-wöchiger Kompostierung komplett abgebaut.

Biologische Maßnahmen:

Es werden verschiedene natürliche Feinde von *Senecio*-Arten besprochen. Die einzige Art, die bei *Senecio aquaticus* von Bedeutung ist, ist die Federmotte (*Platyptilia isodactyla*). Sie legt ihre Eier auf die Unterseite der Blätter von Kreuzkräutern (nach Emmet & Heath 1989 hauptsächlich *Senecio aquaticus*). Die Raupen können durch den Fraß die Pflanze zum Absterben bringen (schon zwei bis drei Raupen reichen aus (McLaren et al. 2000). Nach Faithful et al. (1999) wurde diese Art im Jahre 1999 in Australien ausgesetzt. In Neuseeland wurde sie im Jahre 2006 eingeführt. Die Dichte von *Senecio aquaticus* konnte durch die Federmotte um 60–80 % reduziert werden (Gourlay 2007).

Chemische Maßnahmen:

Bezüglich der Bekämpfung von *Senecio aquaticus* werden die Erkenntnisse von Roberts & Pullin (2007) (siehe voriger Abschnitt) beschrieben. Ein Nachteil bei der chemischen Bekämpfung ist, dass auch das Graswachstum beeinträchtigt werden kann. Daher ist die Einzelbehandlung sinnvoll. Eine andere Herangehensweise ist die australische „Mitchell-Technik“ (Watt 1987). Dabei werden die *Senecio*-Pflanzen nicht chemisch bekämpft, bevor sie natürlich abgestorben sind. Danach werden die Samen chemisch bekämpft (kombiniert mit Beweidung und Erhaltung einer dichten Grasnarbe).

Österreichische Studie von Bassler et al. (2011)

In dieser Studie wurden Bewirtschaftungsversuche (verschiedene Mähregimes) sowie populations- und vegetationsökologische Untersuchungen gemacht sowie Landwirte befragt. Das Untersuchungsgebiet lag in Nord-Österreich an der Grenze zu Tschechien.

Folgende Bewirtschaftungsvarianten wurden untersucht:

1. Dauerflächenversuch Kleedorf I:

Einmalige Mahd im Juni, d.h. Verzicht auf Herbstmahd (zur Beantwortung der Frage, ob eine höhere Wintervegetation die Keimung bzw. Etablierung der Keimlinge verhindern kann)

2. Dauerflächenversuch Kleedorf II:

- Variante 1: Eine Mahd im Spätherbst,
- Variante 2: Zweimalige Mahd (Anfang Juni, Anfang September),
- Variante 3: Dreimalige Mahd (Anfang Juni, Anfang/Mitte Juli, Anfang Oktober),
- Variante 4: Zweimalige Mahd (Anfang Juli, Anfang Oktober),
- Variante 5: Dreimalige Mahd (Anfang Juli, Anfang August, Anfang Oktober).

3. Ausreißversuche Kleedorf-Harbach-Thaures

Die Vegetationsuntersuchungen fanden von 2007 bis 2010 auf zufällig verteilten Untersuchungsflächen statt. Darüber hinaus wurden Keimversuche durchgeführt.

Die Annahme, dass eine höhere Vegetation im Winterhalbjahr eine unterdrückende Wirkung auf die Keimung hat, wurde widerlegt. Auf den Flächen mit höherer Vegetation keimten mehr Samen pro blühendem Individuum. Der Grund dafür waren Mausgänge, an deren Eingängen sich Samen angehäuft haben, die dort besonders überlebensfähig waren.

Auf den Versuchsflächen in Kleedorf II konnten nach dem bisherigen Untersuchungszeitraum folgende Erkenntnisse gewonnen werden: Bei der Variante 1 (Spätmahdvariante) blieb die Populationsgröße von *Senecio aquaticus* stabil, obwohl die Samenproduktion sehr hoch war. Als Grund dafür wird angegeben, dass die Bedingungen für die Keimung und Keimungsetablierung in einem hohen Bestand schlecht sind. Für eine abschließende Beurteilung müssen noch ein bis zwei weitere Jahre Untersuchungen folgen. Dagegen wurde bei der Variante 2 ein signifikantes Wachstum von *Senecio aquaticus* festgestellt, da bei den Mähterminen Anfang Juni und Anfang September die Blüte und Samenbildung kaum beeinträchtigt wird. Bei der Variante 3 wurde zwar keine Reduktion der Populationsgröße festgestellt. Diese Variante war jedoch in Bezug auf die Reduktion der Blüten und Samen die zweitbeste. Bei der Variante 4 hat sich die Populationsgröße nicht nennenswert verändert. Die beste Variante war die Variante 5, bei der sich am wenigsten Blüten und Samen entwickelt haben und die Populationsgröße von 2008 bis 2009 um 40 % abgenommen hat. Es wird vermutet, dass die Populationsgröße nach mehreren Jahren weiter abnehmen müsste. Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, dass durch eine Mahd im Juli (erste

Blütephase), einen Pflegeschnitt Anfang August (zweite Blütephase) und eine weitere Mahd Anfang Oktober die beste Reduktionswirkung erzielt werden kann.

Nach der bisherigen Versuchszeit können noch keine gesicherten Ergebnisse zu den Naturschutzaspekten der Mähregimes geliefert werden.

7. Untersuchungen zur Zurückdrängung von *Senecio aquaticus* im Oberallgäu

7.1 Einführung in die Ziele der Management-Versuche

Aufgrund der zunehmenden Problematik mit *Senecio aquaticus* im Allgäu wurde im Jahr 2010 eine Arbeitsgruppe gebildet, die eine Zurückdrängung dieser Pflanze aus besonders betroffenen Bereichen des Wirtschaftsgrünlands im Allgäu zum Ziel hat. Die Arbeitsgruppe umfasst Vertreter der folgenden Einrichtungen (vgl. Bedenik 2011):

- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LFU),
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LFL),
- Regierung von Schwaben (RvS),
- Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Kaufbeuren (AELF),
- Landkreis Oberallgäu (LRA OA),
- Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung in Bayern e.V. (LKP),
- Allgäuer Streubörse,
- Tiergesundheitsdienst Bayern e.V.

In den Untersuchungen der Arbeitsgruppe werden ergänzend zu den bisherigen Studien (vgl. Abschnitt 6) weitere Management-Maßnahmen getestet, die nicht in diesen Studien untersucht worden sind. Dazu zählt die Anwendung des Herbizids Simplex sowie das Striegeln mit anschließender Nachsaat. Im Jahr 2011 wurden hierzu am Öschlesee Versuchsflächen eingerichtet, auf denen als „Tastversuche“ einzelne Management-Maßnahmen zur Zurückdrängung von *Senecio aquaticus* über zunächst drei Jahre durchgeführt und die Wirkung untersucht werden sollte. Die Untersuchungen erfolgen durch Begehungen und überschlägige Abschätzung des Deckungsanteils von *Senecio aquaticus* auf den einzelnen Versuchsflächen. Das Ziel ist es, möglichst Bekämpfungsmethoden zu finden, die auch auf Flächen einsetzbar sind, auf denen Auflagen des Vertragsnaturschutzprogramms (VNP), des Kulturlandschaftsprogramms (KULAP) oder des ökologischen Landbaus gelten. Beispiele für Auflagen sind im Folgenden angegeben:

Vertragsnaturschutzprogramm

- Extensivierung der Mahdnutzung,
- Verzicht auf mineralische Düngung,
- Verzicht auf chemischen Pflanzenschutz.

Kulturlandschaftsprogramm

- Schnittzeitpunktaufgaben bei Mahdnutzung,
- Verzicht auf mineralische Düngung,
- Verzicht auf flächendeckenden chemischen Pflanzenschutz.

Ökologischer Landbau

- Verzicht auf mineralische Düngung,
- nur mechanische bzw. thermische Unkrautregulierung.

Einzelheiten zu den jeweiligen Auflagen sind den entsprechenden Internet-Quellen (Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2011, 2011a und Haccius et al. 2011) zu entnehmen.

In diesem Master-Projekt wurden Begleituntersuchungen zu den o.g. Management-Versuchen durchgeführt. Die Begleituntersuchungen hatten zum Ziel, mit Hilfe von detaillierten Vegetationsaufnahmen auf allen Versuchsflächen die Effizienz der Management-Maßnahmen sowie die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Biodiversität (und damit auf den Naturschutz) festzustellen. Folgendes waren die Hauptfragen, die beantwortet werden sollten:

1. Wie wirksam ist die Anwendung des Herbizids Simplex in Bezug auf die Reduktion des Deckungsanteils von *Senecio aquaticus*?
2. Wie wirken sich bestimmte Mähfrequenzen bzw. Mähzeitpunkte auf den Deckungsanteil von *Senecio aquaticus* aus?
3. Kann die Abundanz von *Senecio aquaticus* durch Striegeln und anschließende Nachsaat verringert werden?
4. Wie wirken sich die genannten Maßnahmen auf die Biodiversität aus?

7.2 Standorte der Versuchsflächen

Lage

Die Versuchsflächen wurden an zwei Stellen im Landkreis Oberallgäu angelegt, an denen *Senecio aquaticus* in hohem Maß vorkommt (Siehe Abbildung 6). Entsprechend Bedenik (2011) befinden sich neun Versuchsflächen auf dem Gebiet der Gemeinde Sulzberg, direkt nord-östlich des Öschlesees (Flurstücke 2175 und 2176). Eine weitere Versuchsfläche wurde in der Gemeinde Waltenhofen, süd-westlich des Ortes Martinszell, angelegt (Flurstück 610/5).

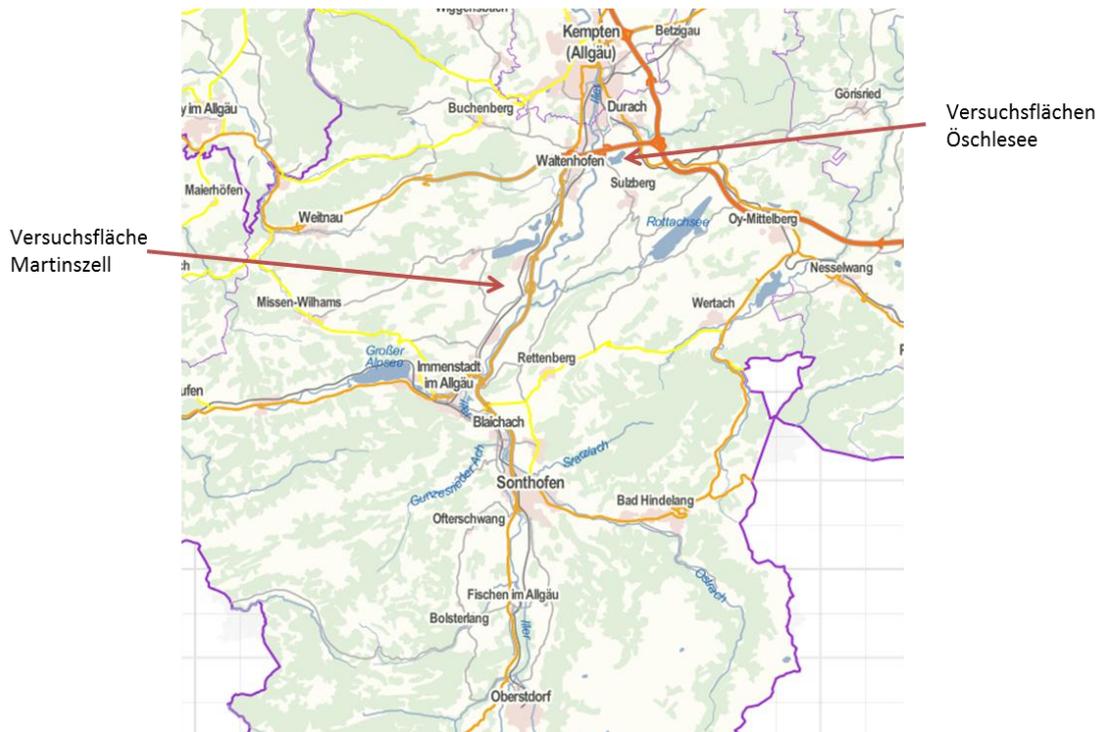


Abbildung 6: Lage der Versuchsflächen am Öschlesee sowie bei Martinszell im Landkreis Oberallgäu (Quelle: Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2013, www.geodaten.bayern.de, bearbeitet)

Geologie und Böden

Die nachfolgenden Ausführungen zur Geologie ergeben sich aus Doppler et al. (2004):

Der Landkreis Oberallgäu gehört zu der geologischen Großbaueinheit der Alpen (im Süden) sowie zum Molassebecken (im Norden). Die Molasse ist geprägt von Ablagerungen in Form von Feinsedimenten, Sanden und Kiesen, die heute zum Teil verfestigt sind. Im Bereich der Alpen liegen die großtektonischen Baueinheiten Nördliche Kalkalpen, Flysch, Helvetikum und Faltenmolasse (von Süd nach Nord) im Landkreis. Für die Kalkalpen ist das mächtige Kalk- und Dolomitgestein typisch. Im Flysch, welches den Bereich der bewaldeten Vorberge der bayerischen Alpen darstellt, herrschen Sedimente aus der Kreidezeit vor. Das Helvetikum ist geprägt von Kalk- und Mergelgesteinen sowie glaukonitischen Sandsteinen. Sowohl der Öschlesee als auch Martinszell befindet sich im Bereich der Faltenmolasse.

Entsprechend der „Karte der Bodenregionen Deutschlands“ (5. Aufl. 2005) (vgl. Blume et al. 2010) befindet sich der größte Teil des Landkreises Oberallgäu in der Bodenregion der Alpen. In dieser Bodenregion herrschen die Bodentypen Rendzina, Braunerde, Ranker und Gley vor. Nur der nördliche Teil des Landkreises Oberallgäu gehört zu der Bodenregion der Jungmoränenlandschaften, in der vorwiegend die Bodentypen Parabraunerde, Gley und Moor vorkommen. Aus der Übersichtsbodenkarte 1:25000 (ÜBK 25, Datenquelle: ©

Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de) geht hervor, dass die Versuchsflächen am Öschlesee einen Moorgley-Boden aufweisen. Bei den Versuchsflächen in Martinszell handelt es sich um einen Hochmoor-Torf über einem Niedermoor-Torf.

Klima

In Oberstdorf liegt die Jahresdurchschnittstemperatur im Mittel der Jahre 1981 bis 2010 bei 6,6 °C (Deutscher Wetterdienst 2013a). Sie liegt damit um 2,2 °C unter dem Bundesdurchschnitt von 8,8 °C bezogen auf den selben Zeitraum (Deutscher Wetterdienst 2013b). In Kempten beträgt die Jahresdurchschnittstemperatur im selben Zeitraum 7,6 °C (1,2 °C unter dem Bundesdurchschnitt)(Deutscher Wetterdienst 2013a).

Der Jahresniederschlag in Oberstdorf (Durchschnittswert von 1981 bis 2010) liegt bei 1742 mm (Deutscher Wetterdienst 2013a) und ist mehr als doppelt so hoch wie der Bundesdurchschnitt im selben Zeitraum von 818 mm (Deutscher Wetterdienst 2013b). Auch in Kempten ist der Jahresniederschlag mit 1261 mm in diesem Zeitraum deutlich höher als der Bundesdurchschnitt.

Die Niederschlags- und Temperaturwerte im Bereich der Versuchsflächen am Öschlesee und in Martinszell dürften auf Grund der Nähe zur Stadt Kempten und den vergleichbaren Höhenverhältnissen ähnlich sein wie die Werte von Kempten.

Topographie

Grundlage für die nachfolgenden Angaben zur Topographie sind der „Topographische Atlas Bayern“ (Berninger et al. 1968) sowie das digitale Höhenmodell „dgm5m“ (Quelle: Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2013, www.geodaten.bayern.de):

Der Süd-Osten des Landkreises Oberallgäu ist geprägt durch die Kalkhochalpen (Höhe bis mehr als 2000 m über NN). Westlich davon erstreckt sich der Einschnitt des Illertals von Süd nach Nord (Höhe rd. 800 m über NN bei Oberstdorf). Nord-westlich des Illertals befinden sich die schwäbischen Voralpen mit Gipfelhöhen von rd. 1300 m bis knapp unter 2000 m. Von dort aus werden die Berge im Bereich der Faltenmolasse Richtung Norden zum Molassebecken hin weiter niedriger.

Die Versuchsflächen am Öschlesee (Abbildung 7) befinden sich direkt nord-östlich des Sees (auch „Sulzberger See“) in einem flachen Bereich auf einer Höhe von rd. 705 m über NN. Von dort aus steigt das Gelände (zunächst leicht, später stärker) in Richtung Osten bis zum ca. 600 m entfernten Weg auf rd. 730 m an. Nördlich der Versuchsflächen grenzt das Flurstück 2177 an, welches sich auf derselben Höhe befindet. Dahinter befindet sich ein Bach sowie ein Feldweg, woran sich der Damm der Autobahn A 980 anschließt. Richtung Westen und Süden ist das Gelände flach.



Abbildung 7: Umgebung der Versuchsflächen am Öschlesee im Landkreis Oberallgäu (Quelle: Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2013, www.geodaten.bayern.de, bearbeitet)

Die Versuchsflächen in Martinszell (Abbildung 8) befinden sich im „Oberdorfer Moos“ auf einer Höhe von rd. 710 m über NN. Nach Süden hin schließt sich auf etwa gleicher Höhe das „Werdensteiner Moos“ an. In Richtung Nord-Westen beginnt in einer Entfernung von rd. 600 m der Oberdorfer Wald mit Höhenlagen von bis zu rd. 780 m. Auch in Richtung Süd-Westen steigt das Gelände (nach einem ca. 1000 m langen flachen Bereich) leicht an. Im Osten ist das Gelände bis zur rd. 1100 m entfernten Bahnlinie relativ flach. Dahinter steigt es bis zur Bundesstraße B 19 bis auf eine Höhe von rd. 750 m an.

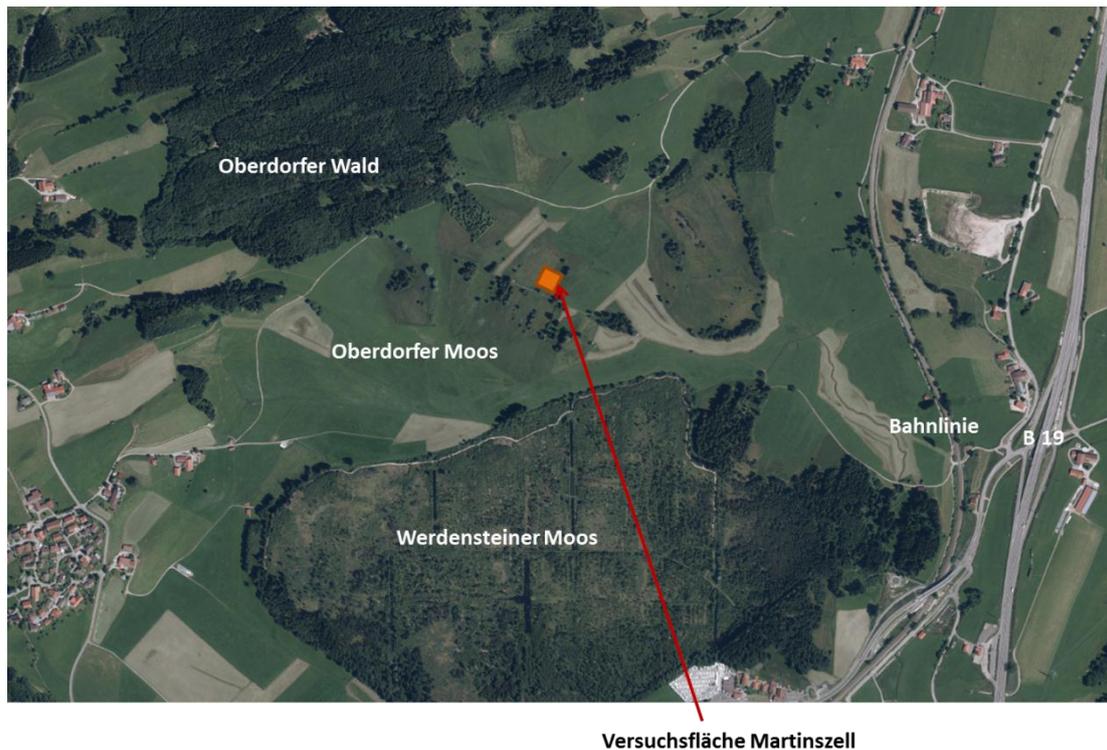


Abbildung 8: Umgebung der Versuchsfläche Martinzell im Landkreis Oberallgäu (Quelle: Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2013, www.geodaten.bayern.de, bearbeitet)

7.3 Material und Methoden

Versuchsdesign

Am Öschlesee wurden durch die o.g. Arbeitsgruppe neun Versuchsflächen (inkl. Kontrollflächen) mit unterschiedlichen Behandlungsmethoden eingerichtet (vgl. Abbildung 9 und Bedenik 2012). Die Fläche A auf der Versuchsfläche A2 stellt eine Untervariante dar.



Abbildung 9: Lage und Nummerierung der einzelnen Versuchsflächen am Öschlesee
(Quelle: Bedenik 2012, Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2013, www.geodaten.bayern.de, bearbeitet)

Die Methoden, mit denen die Versuchsflächen bearbeitet wurden, sind in Tabelle 4 dargestellt. Die folgenden drei Versuchsflächen stellen Kontrollflächen dar:

- Fläche A4 (ohne Nutzung),
- Fläche B0 (zweimal jährlich Mahd),
- Fläche A0 (einmal jährlich Mahd).

Durch diese Kontrollflächen soll ein Vergleich mit den anderen Flächen, auf denen bestimmte Management-Verfahren getestet werden, hergestellt werden können. Es waren drei Kontrollflächen notwendig, um drei unterschiedliche Nutzungsintensitäten vergleichen zu können. Das genaue Pflege- und Bewirtschaftungskonzept mit Angabe des Datums, an dem die einzelnen Maßnahmen durchgeführt worden sind, ist in der Anlage 1 zu finden. Es ist zu betonen, dass es sich bei den Experimenten um „Tastversuche“ handelt. Das bedeutet, es sind Versuche, mit denen man erste Erkenntnisse bezüglich möglicher geeigneter Verfahren gewinnen kann. Um die tatsächliche Wirkung der Maßnahmen zu verifizieren, müssen später genauere Versuche (Exaktversuche) durchgeführt werden. Dabei sind die einzelnen Versuchsflächen mindestens zweimal zu wiederholen (d.h. insgesamt muss es von jeder Versuchsfläche mindestens drei Stück geben (je mehr, umso besser)), um die Auswirkungen von zufälligen Abweichungen gering zu halten (vgl. Munzert 1992). Außerdem ist eine geeignete Anordnung der Versuchsflächen (z.B. randomisiertes Blockdesign) zu wählen (Munzert 1992). Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte statistische Auswertung dient daher nur der Ermittlung von ersten Hinweisen zu der Wirkung der einzelnen Maßnahmen.

Tabelle 4: Behandlungsmaßnahmen auf den Versuchsflächen und Kontrollflächen am Öschlesee (2011 und 2012) (Quelle: Bedenik 2011, 2012)

Versuchsfläche	Behandlung 2011	Behandlung 2012
A4 (allgemeine Kontrollfläche)	- (Fläche erst 2012 eingerichtet)	Keine Nutzung
A2 (mechanische Maßnahme)	zweimal Mähen (Mai + Aug.) Striegeln und Übersaat (Aug.)	zweimal Mähen (Jun. + Aug.) Striegeln und Nachsaat (Aug.)
A2A (Ausstechvariante)	- (Fläche erst 2012 eingerichtet)	zweimal Mähen (Jun. + Aug.) dreimal Ausstechen (Apr., Jul., Sept.) dreimal Nachsaat (Apr., Jul., Aug.)
B3 (Herbizid-Behandlung und Mineraldüngung)	zweimal Mähen (Mai + Aug.) Striegeln und Nachsaat (Sept.) Herbizidanwendung (Roundup, Wirkstoff Glyphosat (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2013))	einmal Mähen (Okt.) einmal Nachsaat (Apr.) einmal Mineraldüngung mit KAS*** (Apr.) (geplante Herbizidanwendung (Simplex) und zweite Nachsaat auf Grund der Witterung nicht ausgeführt)
B2 (Herbizid-Behandlung und Mineraldüngung)	zweimal Mähen (Mai + Aug.) (geplante Nachsaat nicht ausgeführt)	zweimal Mähen (Jun. + Aug.) zweimal Nachsaat (Apr. + Aug.) zweimal Mineraldüngung (Apr.+Jun.) Herbizidanwendung (Simplex, Aug.)
B1 (Herbizid-Behandlung und Mineraldüngung)	zweimal Mähen (Mai + Aug.) Herbizidanwendung (Mai: U46M*, U46D**) Herbizidanwendung (Aug.: Simplex (Wirkstoffe Fluroxypyr und Aminopyralid (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2013b)) (geplante Nachsaat nicht ausgeführt)	dreimal Mähen (Jun., Aug., Okt.) Nachsaat (Apr.) dreimal Mineraldüngung (Apr., Jun., Aug.) (geplante Herbizidanwendung (Simplex) und zweite Nachsaat auf Grund der Witterung nicht ausgeführt)
B0 (Kontrollfläche zu B1, B2, B3, A2A und A2)	zweimal Mähen (Mai + Aug.)	zweimal Mähen (Jun. + Aug.)
A0 (Kontrollfläche zu A1 und A3)	einmal Mähen (Aug.)	einmal Mähen (Aug.)
A1 (Ausdunkelung)	einmal Mähen (Ende Aug.)	einmal Mähen (Okt.)
A3 (Nachsaat mit Hochstaudenflurmischung)	einmal Mähen (Ende Aug.) Übersaat (Ende Aug.)	einmal Mähen (Aug.) Nachsaat (Apr.)

* U46M (Markenname) enthält Wirkstoff MCPA (4-Chlor-2-Methyl-Phenoxyessigsäure) (Schweizerische Eidgenossenschaft 2013)

** U46D (Markenname) enthält Wirkstoff 2,4-D (Dimethylamin-Salz) (raiffeisen.com GmbH & Co. KG 2013)

***KAS enthält u.a. 27 Gewichts-% Stickstoff (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen 2013)

Bei den Behandlungen im Jahr 2012 wurden gegenüber dem Vorjahr einige Veränderungen vorgenommen (Tabelle 4). Beispielsweise wurde die Anwendung der selektiven Herbizide U46M (Wirkstoff MCPA (raiffeisen.com 2013)) und U46D (Wirkstoff 2,4-D (raiffeisen.com 2013)) sowie Roundup (Wirkstoff Glyphosat (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2013)) eingestellt (aufgrund mangelnder Wirksamkeit). Anstatt dessen wurde 2012 eine Behandlung mit dem Herbizid Simplex (wirkt auf alle krautigen Pflanzen, Wirkstoffe Fluroxypyr und Aminopyralid (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft 2013)) durchgeführt. Des Weiteren wurden zwei Versuchsflächen ergänzt. Dabei handelt es sich um die Fläche A4 (ohne Nutzung, Ausdunkelungsvariante) und die Untervariante „A2A“ der Fläche A2, bei der das Ausstechen inkl. Nachsaat getestet wird. Im Jahr 2011 wurde auf den Flächen A2 und A3 eine Übersaat durchgeführt. Dies wurde im Jahr 2012 auf Nachsaat umgestellt. Nach Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2013a) wird zwischen Übersaat und Nachsaat (=Durchsaat) unterschieden. Bei einer Übersaat erfolgt die Saatgutablage auf der Bodenoberfläche, dies kann zum Beispiel per Hand oder mit einem Düngerstreuer erfolgen. Bei der Nachsaat wird das Saatgut mit Spezialgeräten in den Boden eingebracht. Außerdem wird bei der Nachsaat eine wesentlich größere Menge an Saatgut verwendet als bei der Übersaat. Durch die Nachsaat kann somit eine deutliche Bestandsverschiebung erreicht werden, während die Übersaat nur der Vorbeugung einer ungewollten Bestandsverschiebung dient.

Zu erwähnen ist auch, dass nicht alle geplanten Maßnahmen durchgeführt werden konnten. So wurde im Jahr 2012 auf den Flächen B1 und B3 die Herbizidbehandlung auf Grund schlechter Witterung ausgelassen, d.h. nur auf der Fläche B2 wurde eine Herbizidbehandlung mit Simplex angewendet.

In Martinszell wurden eine Versuchsfläche (hier mit der Bezeichnung „M“) und eine Kontrollfläche (Bezeichnung „MK“) angelegt (Abbildung 10). Die Behandlungsmaßnahmen dieser Flächen sind in Tabelle 5 dargestellt. Im Wesentlichen wird hier das Ausstechen von *Senecio aquaticus* bei zweimal jährlicher Mahd und einmal jährlicher Nachsaat getestet. Im Unterschied zu der Untervariante A2A am Öschlesee, wo das Ausstechen auf einer kleinen Fläche (ca. 3 x 3 m) mit großer Genauigkeit durchgeführt werden konnte, ist die Ausstechfläche in Martinszell wesentlich größer (ca. 10 x 10 m).

Tabelle 5: Behandlungsmaßnahmen auf der Versuchsfläche und der Kontrollfläche in Martinszell (2011 und 2012) (Quelle: Bedenik 2011, 2012)

Versuchsfläche	Behandlung 2011	Behandlung 2012
M	zweimal Mähen (Jun. + Sept.) einmal Ausstechen (Jul.) einmal Übersaat (Jul.) einmal Mulchen (Okt.)	zweimal Mähen (Mai/Jun. + Jul./Aug) zweimal Ausstechen (Apr. + Aug.) einmal Nachsaat (Apr.)
MK (Kontrollfläche)	einmal Mähen (Jun.) einmal Mulchen (Okt.)	zweimal Mähen (Mai/Jun. + Jul./Aug)



Abbildung 10: Lage der Versuchsfläche auf einer Streuwiese in Martinszell
(Quelle: Bedenik 2012, Geobasisdaten © Bayerische Vermessungsverwaltung 2013,
www.geodaten.bayern.de, bearbeitet)

Hypothesen zu den Begleituntersuchungen

Wie in Abschnitt 7.1 erläutert, sollten im Rahmen dieser Arbeit die Effizienz der Management-Maßnahmen sowie die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Biodiversität festgestellt werden. Mit Hilfe der in Abschnitt 7.1 genannten Fragestellungen wurden folgende Hypothesen formuliert, die mit Hilfe der Ergebnisse verteidigt oder widerlegt werden sollten:

Hypothesen zur Effizienz der Management-Maßnahmen:

1. Auf den Flächen B1 und B2 (mit Anwendung des Herbizids „Simplex“ sowie mit mineralischer Düngung und Nachsaat) ist die Abundanz von *Senecio aquaticus* geringer als bei den Kontrollflächen B0 und A4.
2. Auf der Fläche B0 (mit zweimaligem Mähen) ist die Abundanz von *Senecio aquaticus* gegenüber der Fläche A0 (mit einmaligem Mähen) höher.
3. Auf der Fläche A2 (mit Striegeln und Nachsaat) ist die Abundanz von *Senecio aquaticus* nicht geringer als auf den Kontrollflächen B0 und A4.

Hypothesen zu den Auswirkungen der Maßnahmen auf den Naturschutz:

4. Auf der Fläche A2 (mit Striegeln und Nachsaat) ist die Biodiversität geringer als auf den Kontrollflächen B0 und A4

5. Auf der Fläche B2 (mit Anwendung des Herbizids „Simplex“ sowie mit mineralischer Düngung und Nachsaat) ist die Biodiversität geringer und der Anteil an Gräsern höher als bei den Kontrollflächen B0 und A4.

Die Hypothese 1 ergab sich aus der Erfahrung mit dem Herbizid Simplex im Rahmen der Tastversuche im Jahr 2011. Dabei wurde eine Reduktion von *Senecio aquaticus* festgestellt, die im Tastversuchsjahr 2012 weiter untersucht werden sollte. Hinter der Hypothese 2 steht die Vermutung, dass *Senecio aquaticus* bei einer Erhöhung der Mähfrequenz einen Konkurrenzvorteil gegenüber anderen Arten hat, da *Senecio aquaticus* nach der Mahd besonders schnell wieder Blüten und eine große Menge an Samen produzieren kann (vgl. Suter & Lüscher 2008, 2011). Grundlage für die Hypothese 3 waren die Beobachtungen im Tastversuchsjahr 2011 bezüglich der Anwendung des Striegeln mit anschließender Nachsaat. Dabei konnte keine Reduktion von *Senecio aquaticus* festgestellt werden. Trotzdem sollte diese Behandlungsmethode in einem weiteren Jahr untersucht werden. Die Hypothese 4 beruht auf der Annahme, dass durch das Striegeln und die Nachsaat ein großer Teil der bisherig vorhandenen Arten geschädigt und verdrängt wird und dass dies nicht durch die neu angesäten Arten ausgeglichen wird. Der Grund für die Aufstellung der Hypothese 5 war die Annahme, dass das Herbizid Simplex mehr Arten verdrängt als sich neue Arten ansiedeln.

Vegetationsaufnahmen auf den Versuchsflächen

Um die Auswirkungen der Management-Verfahren auf die Abundanz von *Senecio aquaticus* sowie auf andere Arten (Naturschutz-Effekte) festzustellen, und insbesondere um die oben genannten Hypothesen zu untersuchen, wurden im Rahmen dieser Arbeit auf allen Versuchsflächen Vegetationsaufnahmen durchgeführt. Die Vegetationsaufnahmen fanden im Zeitraum von Anfang Juli bis Mitte Oktober 2012 statt. Die Aufnahmen wurden in Anlehnung an die Methode von Braun-Blanquet (1964) durchgeführt. Auf den Versuchsflächen wurden drei quadratische Probeflächen (Plots) mit einer Größe von jeweils zwei mal zwei Meter (4 m²) mit Begrenzungsstäben abgesteckt. Eine Ausnahme stellt die sehr kleine Untervariante A2A dar, auf der nur zwei Probeflächen abgesteckt wurden. Die Lage der Probeflächen ist auf den Abbildungen in den Anlagen 2 und 3 zu sehen; sie wurde nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Keine Probefläche direkt am Rand der Untersuchungsfläche (Vermeidung von Randeffekten) – Mindestabstand vom Rand: 0,5 m.
- Die Deckung der Probeflächen soll möglichst repräsentativ für die gesamte Versuchsfläche sein.
- Die Probeflächen sollen möglichst auf der Untersuchungsfläche verteilt sein.

Um diesen Kriterien zu entsprechen, wurde von einer rein zufälligen Auswahl der Probeflächen abgewichen. Die Forderung, dass die Deckung der Probeflächen repräsentativ für die gesamte Versuchsfläche sein soll, führte dazu, dass besonders nasse Bereiche (die sich bei den Flächen am Öschlesee insbesondere im hinteren Viertel der Versuchsflächen, d.h. in der Abbildung von Anlage 2 oben, befanden) ausgeschlossen wurden. Auf allen Probeflächen wurde mindestens eine Aufnahme gemacht. Bei allen Versuchsflächen (außer der Fläche A2) wurde die erste Probefläche doppelt aufgenommen, um eine zeitliche Veränderung feststellen zu können. Dies ist ebenfalls in Anlage 2 dargestellt. Bei den Versuchsflächen A3, A1 und A0 wurde die erste Probefläche jedoch nicht genau eingemessen, da zu diesem Zeitpunkt noch nicht geplant war, auf dieser Probefläche eine weitere Aufnahme zu machen.

Bei jeder untersuchten Probefläche wurde für alle Arten von Blütenpflanzen, die sich auf der Probefläche befanden, der Deckungsanteil in Prozent der gesamten Fläche bestimmt und notiert (Anlage 4).

Zur Bestimmung der Pflanzen sind die folgenden Bestimmungsbücher zu Hilfe genommen worden:

- Rothmaler: Exkursionsflora von Deutschland, Bd. 2 Gefäßpflanzen (Grundband) (Jäger 2011),
- Flora Vegetativa (Eggenberg et al. 2009).

Außerdem wurden die Deckungsanteile von Moosen, Streu und Boden festgehalten. Bei Moosen und Streu ist keine Differenzierung nach Arten vorgenommen worden.

Datenanalyse

Als Indikatoren für die Biodiversität wurden die Artenzahl und eine Abwandlung des Shannon-Weaver-Index (Index zur Beschreibung der α -Diversität) bei allen Plots ermittelt. Der Shannon-Weaver-Index ist folgendermaßen definiert:

$$H_s = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

H_s : Diversität bezogen auf Arten- und Individuenzahlen

$$P_i = n_i/N \quad \sum P_i = 1$$

P_i = Wahrscheinlichkeit, dass die Art i auftritt (relative Häufigkeit gemessen von 0 bis 1)

S = Gesamtzahl der Arten

N = Gesamtindividuenzahl

n_i = Individuenzahl der Art i

(vgl.: Hill 1973, Shannon 1948)

Bei den durchgeführten Vegetationsaufnahmen wurde nur die Deckung und nicht zusätzlich die Individuenzahl (vgl. „Artmächtigkeit“ nach Braun-Blanquet 1964) erfasst, um eine einfache statistische Auswertung zu ermöglichen. Dementsprechend wird hier P_i ermittelt, indem der vorgefundene Deckungsanteil der jeweiligen Art auf einer Probefläche durch den gesamten Deckungsanteil der Blütenpflanzen auf der jeweiligen Probefläche geteilt wird. H_s gibt dann die Diversität bezogen auf die Artenzahlen und die Deckungsanteile an. H_s steigt mit der Artenzahl und mit der Gleichverteilung der Deckungsanteile. Dieser Index wurde zusätzlich zu der Artenzahl ermittelt, da hier die Verteilung der Deckungsanteile mit berücksichtigt ist. Alternativ zum Shannon-Weaver-Index hätte beispielsweise auch auf den Simpson-Index oder den Brillouin-Index zurückgegriffen werden können. Der Brillouin-Index reagiert besonders empfindlich auf Arten mit wenigen Individuen, während der Simpson-Index die Arten mit hoher Individuenzahl besonders berücksichtigt. Beides sollte hier nicht besonders hervorgehoben werden, so dass der Shannon-Weaver-Index gewählt wurde. Auch die Evenness wäre für den beabsichtigten Zweck nicht geeignet gewesen, da sie nur die Verteilung der Deckungsanteile und nicht die Artenzahl berücksichtigt.

Eine weitere Variable, die im Zusammenhang mit der Biodiversität untersucht wurde, ist der Deckungsanteil der Gräser (vgl. Hypothese 5). Im Rahmen dieser Arbeit werden die folgenden Pflanzenfamilien zu den Gräsern gezählt:

- Cyperaceae (Sauergräser),
- Juncaceae (Binsengewächse),
- Poaceae (Süßgräser).

Die ermittelten Werte der Variablen zur Beschreibung des Pflanzenbestandes sind in der Anlage 5 zu finden. Zur statistischen Auswertung der Ergebnisse wurde die Statistik-Software IBM SPSS Statistics (Version 20) zu Hilfe genommen. Grundlage der statistischen Auswertung waren die Vegetationsaufnahmen auf den beschriebenen Probeflächen. Bei den Probeflächen, die zweimal aufgenommen wurden, ist nur die zweite Aufnahme berücksichtigt worden, damit sich alle berücksichtigten Aufnahmen räumlich unterscheiden und nicht eine Probefläche doppelt berücksichtigt wird. Um zu entscheiden, welche statistischen Untersuchungsverfahren im vorliegenden Fall geeignet sind, mussten die Variablen zunächst auf Normalverteilung hin untersucht werden. Diese lag nur bei einem Teil der Variablen vor. Relevant waren hierbei nicht nur die Variablen, die in diesem Master-Projekt untersucht wurden, sondern auch die Variablen, die in der Master-Arbeit (Hennings 2013) von Bedeutung sind, da für alle Variablen ein einheitlicher Test durchgeführt werden sollte. Auch nach Durchführung geeigneter Transformationen (Lg 10, arcsin-Wurzel) konnten nicht alle Variablen in eine Normalverteilung überführt werden. Um die statistische Auswertung für alle Variablen einheitlich zu gestalten, wurde bei den weiteren Untersuchungen auf einen verteilungsunabhängigen Mittelwertvergleich zurückgegriffen:

- H-Test nach Kruskal-Wallis, zur Bestimmung, ob es bei den einzelnen Variablen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsflächen gibt (vgl. Anlage 6),
- Anschließend: U-Test nach Mann-Whitney, zur Bestimmung zwischen welchen Versuchsflächen es signifikante Unterschiede gibt (vgl. Anlage 7).

Die Ergebnisse der statistischen Auswertung stellen einen Durchschnittswert über den Untersuchungszeitraum (Juni bis Oktober 2012) dar, in dem zu verschiedenen Zeitpunkten auch die Management-Maßnahmen durchgeführt und damit Veränderungen hervorgerufen wurden.

7.4 Ergebnisse

7.4.1 Auswirkung der Management-Verfahren auf *Senecio aquaticus*

Die nachfolgend beschriebenen Ergebnisse der statistischen Auswertungen beziehen sich auf die Versuchsflächen am Öschlesee. Im Anschluss daran werden die Ergebnisse des Versuchs in Martinszell kurz behandelt. Die angegebenen Signifikanzen stellen die exakte (zweiseitige) Signifikanz dar, außer wenn explizit darauf hingewiesen wird. Die genauen p-Werte sind der Anlage 7 zu entnehmen. Meist werden die Ergebnisse in Bezug zu den in Abschnitt 7.3 genannten Hypothesen gesetzt. Ergänzend werden zusätzliche Auffälligkeiten behandelt. In den Grafiken sind die Ergebnisse aller Versuchsflächen (inkl. der Flächen M und MK in Martinszell) enthalten. Eine Ausnahme ist die Versuchsfläche A2A. Sie ist in den Grafiken nicht mit einem Balken dargestellt, da auf dieser Fläche nur zwei Probestellen aufgenommen wurden (weil es sich um eine sehr kleine Zusatzfläche handelt). Daher sind die in der Anlage 7 angegebenen Signifikanzen bei der Fläche A2A nicht statistisch abgesichert. Sie wurden aber trotzdem von dem Programm SPSS herausgegeben.

Zu Hypothese 1: Auf den Flächen B1 und B2 (mit Anwendung des Herbizids „Simplex“ sowie mit mineralischer Düngung und Nachsaat) ist die Abundanz von *Senecio aquaticus* geringer als bei den Kontrollflächen B0 und A4.

Die einzige Versuchsfläche, bei der im Jahr 2012 eine Simplex-Behandlung stattgefunden hat, war die Fläche B2. Auf dieser Fläche wurde bei der ersten Vegetationsaufnahme am 22.07.2012 (vor der Simplex-Behandlung) bezüglich *Senecio aquaticus* ein hoher Deckungsanteil von 22% festgestellt. Bei den Aufnahmen nach der Simplex-Behandlung betrug der Deckungsanteil von *Senecio aquaticus* nur noch 0–1% (vgl. Tabelle 6).

Tabelle 6: Vergleich der Deckungsanteile von *Senecio aquaticus* bei der Aufnahme 1 mit den Aufnahmen 2–4 auf der Versuchsfläche B2 am Öschlesee

Nummer der Aufnahme auf der Versuchsfläche B2	Datum der Aufnahme	Deckungsanteil von <i>Senecio aquaticus</i> [%]	Vor bzw. nach der Simplex-Behandlung vom 09.08.2012
1	22.07.2012	22	Vor
2	03.09.2012	0	Nach
3	23.09.2012	1	Nach
4	03.10.2012	0	Nach

Da die erste Aufnahme in der statistischen Auswertung nicht berücksichtigt wurde (doppelt aufgenommene Probefläche), konnte untersucht werden, von welchen Flächen sich der Deckungsanteil von *Senecio aquaticus* auf der Fläche B2 nach der Simplex-Behandlung signifikant unterscheidet. Es stellte sich heraus, dass auf der Fläche B2 (nach der Simplex-Behandlung) der Deckungsanteil von *Senecio aquaticus* marginal signifikant (bzw. signifikant nach asymptotischer Signifikanz, vgl. Anlage 7) geringer war als bei den Flächen A3, A1, A0, B0, B1, B3, A2 und A4. Bei der Fläche A2A betrug die mittlere Deckung von *Senecio aquaticus* bei der zweiten und dritten Aufnahme 4,5 % (vgl. Anlage 5) und war damit ebenfalls höher als bei der Fläche B2. Besonders hervorzuheben ist, dass der Unterschied bei der Fläche B2 im Vergleich zu der direkten Kontrollfläche B0 marginal signifikant war ($p = 0,100$). Auch in der Abbildung 11 ist zu sehen, dass die Fläche B2 im Mittel den geringsten Deckungsanteil von *Senecio aquaticus* von allen Flächen (inkl. die Flächen in Martinszell) hatte.

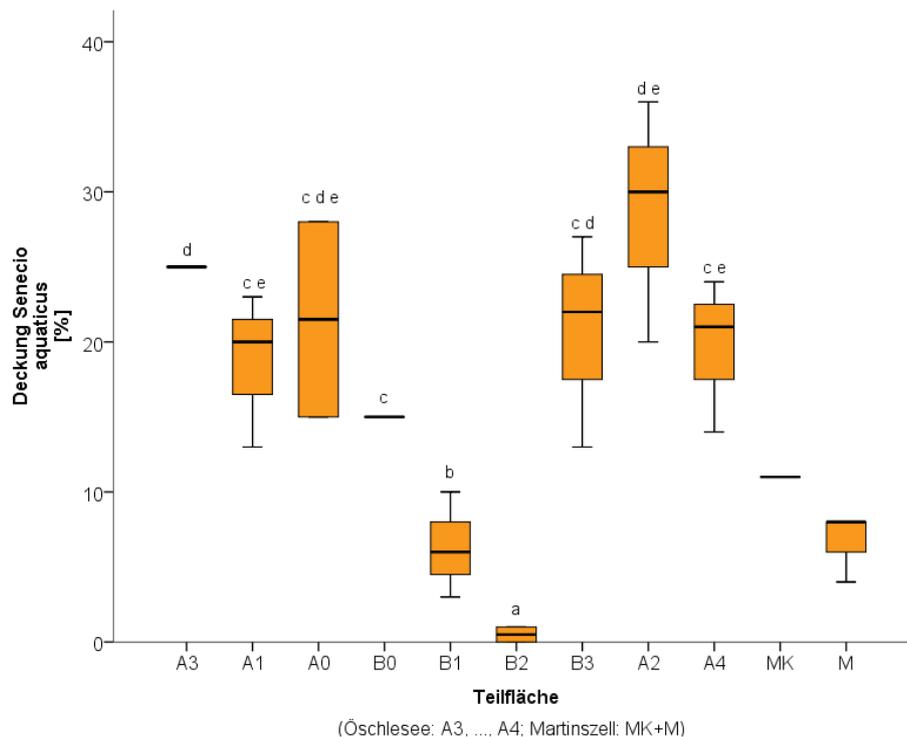


Abbildung 11: Deckungsanteil von *Senecio aquaticus* auf den Versuchs- und Kontrollflächen am Öschlesee sowie in Martinszell.

Auf der Fläche B1 (Simplex-Behandlung 2011 (kombiniert mit U46M und U46D) und mineralische Düngung sowie Nachsaat 2012) war der Deckungsanteil von *Senecio aquaticus* marginal signifikant geringer als auf den Flächen A3, A1, A0, B0, B3, A2 und A4. Im Vergleich zu der Fläche B2 war der Deckungsanteil marginal signifikant höher. Dem gegenüber war die Deckung von *Senecio aquaticus* bei der Fläche B3 (Glyphosat-Anwendung, Striegeln und Nachsaat im Jahr 2011; mineralische Düngung und Nachsaat im Jahr 2012) im Vergleich zu keiner anderen Fläche signifikant bzw. marginal signifikant geringer.

Zu Hypothese 2: Auf der Fläche B0 (mit zweimaligem Mähen) ist die Abundanz von *Senecio aquaticus* gegenüber der Fläche A0 (mit einmaligem Mähen) höher.

Der Deckungsanteil von *Senecio aquaticus* hat sich bei den Flächen A0 (einmal jährlich Mahd) und B0 (zweimal jährlich Mahd) nicht signifikant unterschieden. In Abbildung 11 erscheint es, dass bei der Fläche B0 der Deckungsanteil von *Senecio aquaticus* geringer war als bei der Fläche A0. Allerdings war der Unterschied nicht signifikant (vgl. Anlage 7: $p = 1,000$).

Zu Hypothese 3: Auf der Fläche A2 (mit Striegeln und Nachsaat) ist die Abundanz von *Senecio aquaticus* nicht geringer als auf den Kontrollflächen B0 und A4.

Auf der Fläche A2 (Striegeln, Nachsaat) war der Deckungsanteil von *Senecio aquaticus* sehr hoch. Wie der Anlage 5 zu entnehmen ist, wurde dort der höchste Mittelwert des Deckungsanteils von *Senecio aquaticus* festgestellt. Im Vergleich zu der ebenfalls zweischürigen Kontrollfläche B0 war der Unterschied marginal signifikant ($p = 0,100$). Dies gilt auch im Vergleich zur Fläche B1 und B2 (jeweils $p = 0,100$). Die p-Werte der Vergleiche zu allen anderen Flächen (inkl. Fläche A4) waren höher, d.h. nicht signifikant.

Gesamtergebnis Öschlesee:

Bei Betrachtung des Gesamtergebnisses ist festzustellen, dass abgesehen von den Flächen B1, B2, A2 und A2A die Mittelwerte der Deckungsanteile von *Senecio aquaticus* auf einem ähnlichen Niveau zwischen ca. 16 und 26 % lagen. Des Weiteren sind bei einigen Versuchsflächen die starken Streuungen der Werte auffällig. Dies gilt insbesondere für die Flächen A1, A0, B3, A2 und A4. Zusätzlich zu den Aussagen im Zusammenhang mit den Hypothesen (siehe oben) zeigen die Ergebnisse, dass sich die Fläche A3 (Nachsaat mit Hochstauden) und die Kontrollfläche A0 sowie die Fläche A1 (Spätschnitt) und die Kontrollfläche A0 nicht signifikant unterschieden. Allerdings war die Deckung von *Senecio aquaticus* auf der Fläche A1 marginal signifikant geringer als auf Fläche A3 ($p = 0,100$). Neben den Flächen mit Simplex-Behandlung (B1 und B2) war auch bei der Fläche A2A die mittlere Deckung von *Senecio aquaticus* (Mittelwert: 4,5 %) im Vergleich zu der Kontrollfläche B0 (Mittelwert: 16,0) sowie den Flächen A3, A1, A0, B3, A2 und A4 geringer. Die Angabe einer

Signifikanz war hierfür nicht sinnvoll, da auf der Fläche A2A nur zwei Probeflächen untersucht wurden.

Zusammenfassend sind die Wirkungen der einzelnen getesteten Behandlungen noch einmal in der Tabelle 7 dargestellt. Eine reduzierende Wirkung wurde dann angegeben, wenn auf der Fläche im Vergleich zu der direkten Kontrollfläche sowie der allgemeinen Kontrollfläche A4 (vgl. Tabelle 4) eine signifikante bzw. marginal signifikante Reduktion des Deckungsanteils von *Senecio aquaticus* erreicht wurde.

Tabelle 7: Wirkung der auf den Versuchsflächen am Öschlesee getesteten Methoden auf den Deckungsanteil von *Senecio aquaticus*

Versuchsfläche	Behandlung (Kurzbeschreibung)	reduzierende Wirkung auf den Deckungsanteil von <i>Senecio aquaticus</i> ?
A2 (mechanische Maßnahme)	zweimal Mähen 2011+2012 Striegeln und Nachsaat 2011 + 2012	nein
A2A (Ausstechvariante)	zweimal Mähen 2012 dreimal Ausstechen 2012 dreimal Nachsaat 2012	Mittelwert des Deckungsanteils von <i>Senecio aquaticus</i> war im vgl. zu Kontrollflächen geringer (zu wenig Aufnahmen für Signifikanz-Angabe)
B3 (Herbizid-Behandlung und Mineraldüngung)	zweimal Mähen 2011 Striegeln und Nachsaat 2011 Glyphosat-Anwendung 2011 einmal Mähen (Spät) 2012 einmal Nachsaat 2012 einmal mineral. Düngung 2012	nein
B2 (Herbizid-Behandlung und Mineraldüngung)	zweimal Mähen 2012 Simplex-Behandlung 2012 zweimal mineral. Düngung 2012 zweimal Nachsaat 2012	ja
B1 (Herbizid-Behandlung und Mineraldüngung)	zweimal Mähen 2011 Simplex-Behandlung 2011 Dreimal Mähen 2012 dreimal mineral. Düngung 2012 einmal Nachsaat 2012	ja
A1 (Ausdunkelung)	einmal Mähen (spät) 2011+2012	nein
A3 (Nachsaat mit Hochstaudenflurmischung)	einmal Mähen 2011+2012 Übersaat 2011 Nachsaat 2012	nein

Ergebnisse Martinszell:

In Anlage 5 ist erkennbar, dass der Mittelwert der Deckung von *Senecio aquaticus* bei der Versuchsfläche M (Ausstechbereich) etwas geringer war als bei der Kontrollfläche MK (ohne Ausstechen von *Senecio aquaticus*). Entsprechend der statistischen Auswertung waren die Unterschiede jedoch nicht signifikant ($p = 0,600$). Die auf der Versuchsfläche M ermittelten Deckungsanteile von *Senecio aquaticus* lagen auf einem ähnlichen (nur etwas höheren) Niveau wie bei der Fläche A2A am Öschlesee (vgl. Anlage 4 bzw. 5).

7.4.2 Auswirkung der Management-Verfahren auf die Biodiversität

Zu Hypothese 4: Auf der Fläche A2 (mit Striegeln und Nachsaat) ist die Biodiversität geringer als auf den Kontrollflächen B0 und A4.

Als Indikatoren für die Biodiversität wurden die Artenzahl und der Shannon-Weaver-Index (abgewandelt) gewählt. Da die Artenzahl in den Shannon-Weaver-Index eingeht, korrelierten beide Indikatoren stark. Dies zeigte auch eine Korrelationsanalyse nach Spearman ($K = 0,883$ und $p = 0,000$ (signifikant)). Grundlage für die Korrelationsanalyse waren alle Probeflächen auf den Versuchsflächen am Öschlesee und in Martinszell (jeweils ohne die erste Aufnahme bei doppelt untersuchten Probeflächen).

Bei der Fläche A2 war die Artenzahl nach dem Striegeln gering (vgl. Anlage 5). Bei den Aufnahmen 2 und 3 wurden nur sieben bzw. neun Arten gefunden; bei der Aufnahme 1 (vor dem Striegeln) wurden zwölf Arten aufgenommen. Allerdings war die Anzahl der Aufnahmen vor dem Striegeln und nach dem Striegeln zu gering, so dass über die Signifikanz keine Aussage gemacht werden kann. Bei Betrachtung aller Aufnahmen (auch vor dem Striegeln) war der Mittelwert der Artenzahl der zweitniedrigste, jedoch waren die Werte nur im Vergleich zu der Fläche B0 marginal signifikant niedriger ($p = 0,100$; siehe Abbildung 12 sowie Anlage 7).

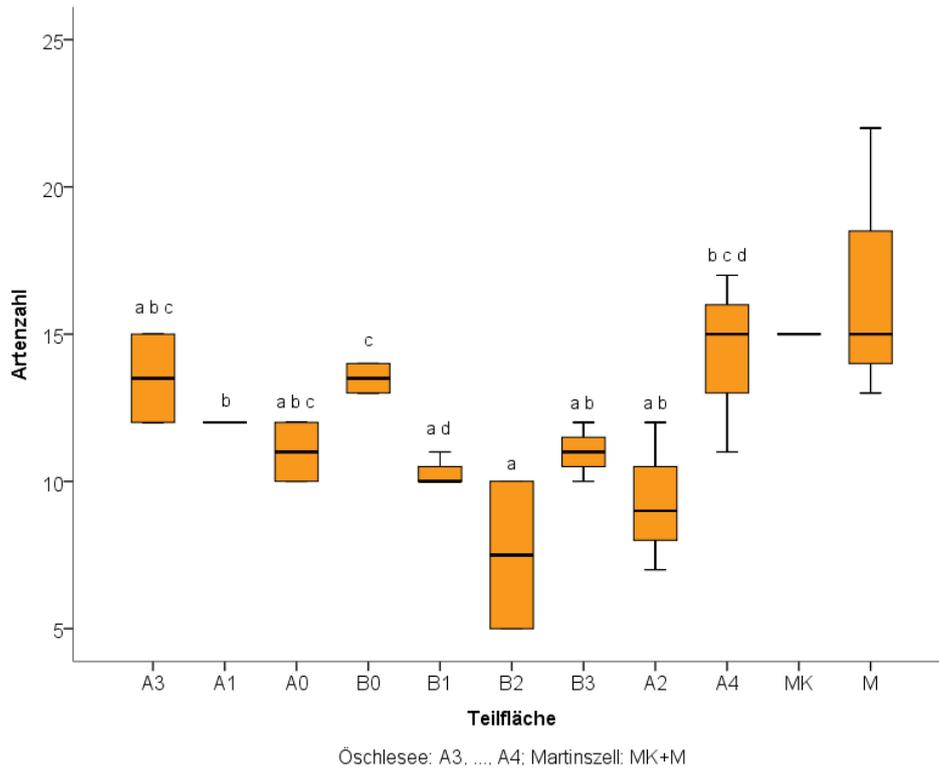


Abbildung 12: Artenzahlen auf den Versuchs- und Kontrollflächen am Öschlesee sowie in Martinszell

Bei Betrachtung der Ergebnisse zum Shannon-Weaver-Index (Abbildung 13, Anlage 7) ist erkennbar, dass dieser Wert bei der Fläche A2 marginal signifikant geringer war als bei den Flächen A1, B0, und A4 (jeweils $p = 0,100$). Entscheidend ist hier die Fläche B0, da es sich hierbei um die zugehörige (zweischürige) Kontrollfläche handelt. Gegenüber der Fläche B2 war der Shannon-Weaver-Index der Fläche A2 marginal signifikant höher ($p = 0,100$).

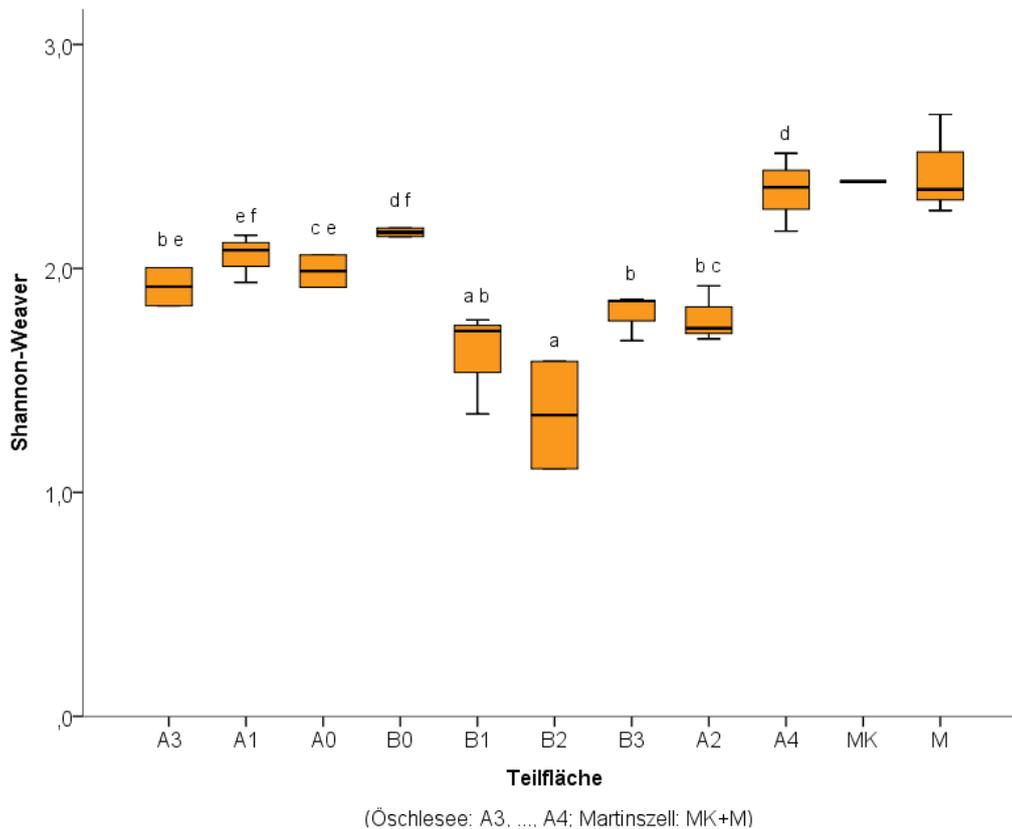


Abbildung 13: Shannon-Weaver-Index (abgewandelt) auf den Versuchs- und Kontrollflächen am Öschlesee sowie in Martinszell

Zu Hypothese 5: Auf der Fläche B2 (mit Anwendung des Herbizids „Simplex“ sowie mit mineralischer Düngung und Nachsaat) ist die Biodiversität geringer und der Anteil an Gräsern höher als bei den Kontrollflächen B0 und A4.

Entsprechend der Hypothese 4 wurden als Indikatoren für die Biodiversität die Artenzahl und der Shannon-Weaver-Index (abgewandelt) gewählt. Wie bereits erläutert, korrelierten beide Indikatoren stark. Der Deckungsanteil von Gräsern, der in dieser Hypothese ebenfalls von Bedeutung ist, wies im Vergleich mit der Artenzahl und dem Shannon-Weaver-Index nahezu eine schwache negative Korrelation auf (bei Artenzahl: $K = -0,275$ und $p = 0,109$; bei Shannon-Weaver: $K = -0,294$ und $p = 0,086$).

Wie in der Anlage 5 erkennbar ist, hatte die Fläche B2 (Simplex-Behandlung 2012 und mineralische Düngung 2012) bei der Artenzahl den geringsten Mittelwert (7,7 Arten). Dies gilt auch für den Shannon-Weaver-Index (Mittelwert 1,3). Auch die Mittelwerte auf der Fläche A2A (Aufnahmen 2 und 3) waren höher als bei der Fläche B2 (Mittelwert 11,5 bei der Artenzahl und 1,9 beim Shannon-Weaver). Auf der Fläche B2 war die Artenzahl signifikant bzw. marginal signifikant geringer als auf den Flächen A3, A1, A0, B0, B3 und A4. Bei den Flächen A3, A0 und B3 gilt dies jedoch nur für die asymptotische (zweiseitige) Signifikanz und die exakte (zweimal einseitige) Signifikanz. Der Shannon-Weaver-Index war auf der Fläche B2

signifikant bzw. marginal signifikant geringer als auf den Flächen A3, A1, A0, B0, B3, A2 und A4.

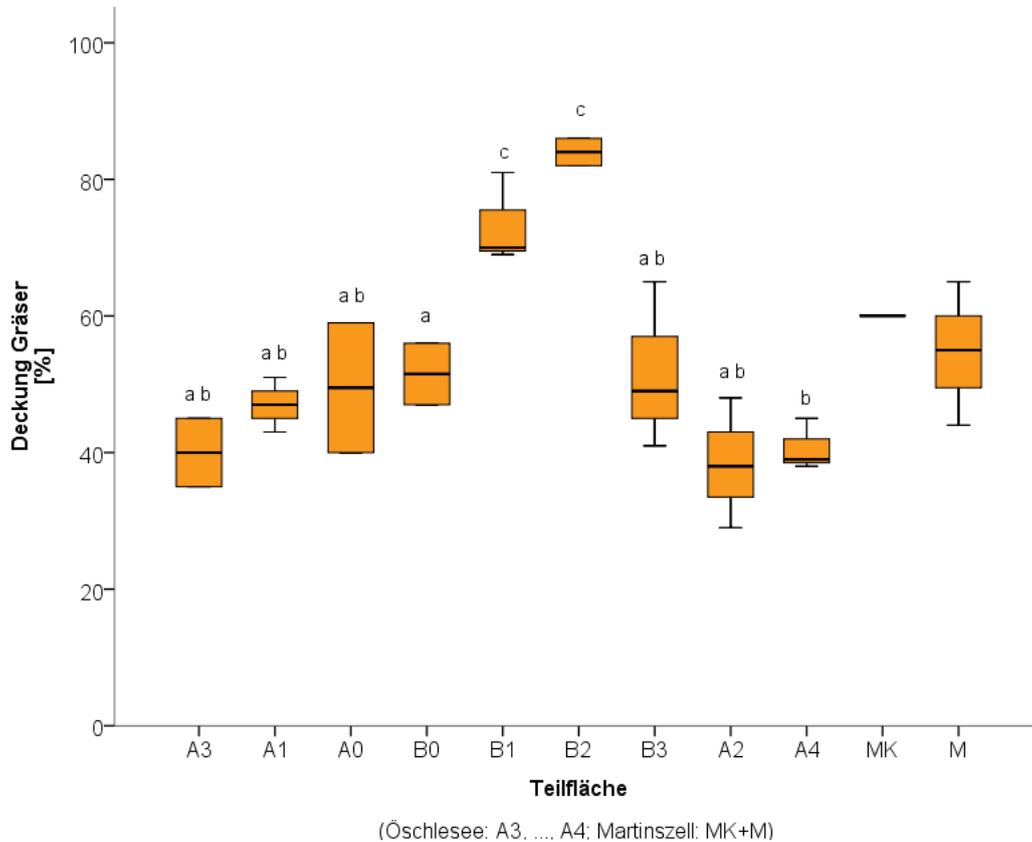


Abbildung 14: Deckungsanteil von Gräsern auf den Versuchs- und Kontrollflächen am Öschlesee sowie in Martinszell.

Auf der Fläche B1 (Simplex-Behandlung 2011 und mineralische Düngung 2012) wies die Artenzahl den dritt-niedrigsten Mittelwert auf (Anlage 5). Die Artenzahl auf der Fläche B1 war marginal signifikant geringer als auf den Flächen A1, B0 (Kontrollfläche) und A4 (bei der Fläche A4 gilt dies nur für die asymptotische (zweiseitige) Signifikanz und die exakte (zweimal einseitige) Signifikanz). Der Shannon-Weaver-Index war bei der Fläche B1 marginal signifikant geringer als bei den Flächen A1, A0, B0 und A4.

Die Abbildung 14 zeigt, dass der Median des Deckungsanteils der Gräser bei der Fläche B2 am höchsten von allen untersuchten Flächen war. Dies gilt auch für den Mittelwert (vgl. Anlage 5: Deckungsanteil Gräser 82 %). Die mittlere Grasdeckung war bei der Fläche B1 am zweithöchsten (73,3 %) und hebt sich ebenfalls deutlich von den anderen Flächen ab. Nach statistischer Auswertung war der Deckungsanteil der Gräser bei der Fläche B2 und B1 marginal signifikant höher als bei allen anderen Flächen außer B1 (bzw. B2) sowie A2A. Außerdem fällt bei dem Vergleich der doppelt untersuchten Aufnahmeflächen bei der Fläche B2 (Aufnahmen 1 und 4) auf, dass der Deckungsanteil der Gräser von der ersten Aufnahme

(vor der Simplex-Behandlung) bis zur zweiten Aufnahme (nach der Simplex-Behandlung) von 47 % auf 78 % gestiegen ist (vgl. Anlage 5).

Sonstiges:

Darüber hinaus ist auffällig, dass der Shannon-Weaver-Index bei der Fläche A4 (ohne Nutzung) marginal signifikant höher war als bei allen anderen Flächen außer der zweischürigen Kontrollfläche B0 sowie der Fläche A2A, bei der keine Aussage über die Signifikanz gemacht werden kann.

Gesamtergebnis Öschlesee:

In der Tabelle 8 sind die Wirkungen der einzelnen getesteten Behandlungen auf die Biodiversität zusammengestellt. Eine reduzierende Wirkung wurde dann angegeben, wenn auf der Fläche im Vergleich zu der direkten Kontrollfläche und der allgemeinen Kontrollfläche A4 (vgl. Tabelle 4) eine signifikante bzw. marginal signifikante Reduktion festgestellt wurde.

Ergebnisse Martinszell:

Sowohl bei der Versuchsfläche als auch der Kontrollfläche in Martinszell wurden im Vergleich zu allen Flächen am Öschlesee (außer den Flächen A4 und B0) höhere Mittelwerte bei der Artenzahl und beim Shannon-Weaver-Index erreicht. Der Mittelwert des Shannon-Weaver-Index war bei beiden Flächen fast gleich. Der Mittelwert der Artenzahl war bei der Ausstechfläche (16,7 Arten) höher als bei der Kontrollfläche (13,3 Arten). Die Versuchsfläche wies eine deutlich höhere Streuung auf als die Kontrollfläche.

Table 8: Nebenwirkung der getesteten Methoden zur Bekämpfung von *Senecio aquaticus* auf die Indikatoren Artenzahl und Shannon-Weaver-Index der behandelten Grünlandvegetation

Versuchsfläche	Behandlung (Kurzbeschreibung)	Reduzierende Wirkung auf die Artenzahl?	Reduzierende Wirkung auf den Shannon-Weaver-Index?
A2 (mechanische Maßnahme)	zweimal Mähen 2011+2012 Striegeln und Nachsaat 2011 + 2012	Nur im Vergleich zur Kontrollfläche B0	ja
A2A (Ausstechvariante)	zweimal Mähen 2012 dreimal Ausstechen 2012 dreimal Nachsaat 2012	Mittelwert geringer als bei Kontrollflächen (Aussage über Signifikanz nicht möglich)	Mittelwert geringer als bei Kontrollflächen (Aussage über Signifikanz nicht möglich)
B3 (Herbizid-Behandlung und Mineraldüngung)	zweimal Mähen 2011 Striegeln und Nachsaat 2011 Glyphosat-Anwendung 2011 einmal Mähen (Spät) 2012 einmal Nachsaat 2012 einmal mineral. Düngung 2012	Nur im Vergleich zur Kontrollfläche B0	ja
B2 (Herbizid-Behandlung und Mineraldüngung)	zweimal Mähen 2012 Simplex-Behandlung 2012 zweimal mineral. Düngung 2012 zweimal Nachsaat 2012	ja	ja
B1 (Herbizid-Behandlung und Mineraldüngung)	zweimal Mähen 2011 Simplex-Behandlung 2011 dreimal Mähen 2012 dreimal mineral. Düngung 2012 einmal Nachsaat 2012	ja (im Vergleich zu A4 nur in Bezug auf die asymptot. Sig. und die exakte (2*(1-seitige) Sig.)	ja
A1 (Ausdunkelung)	einmal Mähen (spät) 2011+2012	nein	nur im Vergleich zur Kontrollfläche A4
A3 (Nachsaat mit Hochstaudenflurmiscung)	einmal Mähen 2011+2012 Übersaat 2011 Nachsaat 2012	nein	nur im Vergleich zur Kontrollfläche A4

7.5 Diskussion

7.5.1 Auswirkung der Management-Verfahren auf *Senecio aquaticus*

Zu Hypothese 1: Auf den Flächen B1 und B2 (mit Anwendung des Herbizids „Simplex“ sowie mit mineralischer Düngung und Nachsaat) ist die Abundanz von *Senecio aquaticus* geringer als bei den Kontrollflächen B0 und A4.

Insgesamt wird auf Grund der Ergebnisse die Hypothese 1 bestätigt. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Behandlungsmethode auf der Fläche B2 (Simplex-Behandlung und Mineraldüngung) von allen getesteten Methoden am erfolgreichsten war.

Auf der Fläche B1, wo die Simplex-Behandlung nur im Jahr 2011 stattfand, waren die Deckungswerte von *Senecio aquaticus* signifikant höher als auf der Fläche B2. Die Mineraldüngung, welche auf der Fläche B1 im Jahr 2012 dreimal durchgeführt wurde (im Vergleich zu zweimal auf der Fläche B2) hat die Deckung von *Senecio aquaticus* auf der Fläche B1 vermutlich nicht erhöht, da eine besonders intensive N-Düngung eher eine Verringerung der Abundanz von *Senecio aquaticus* bewirkt (vgl. Suter & Lüscher 2008). Außerdem hat die dritte Düngung erst im August stattgefunden und sich daher kaum auf das Ergebnis ausgewirkt (im Jahr 2011 hatte auf beiden Flächen noch keine Mineraldüngung stattgefunden). Auch die dreimalige Mahd auf der Fläche B1 (gegenüber zweimalig auf der Fläche B2) hat sicherlich nicht zur einer höheren Abundanz von *Senecio aquaticus* geführt, da die dritte Mahd erst im Oktober stattgefunden hat. Außerdem zeigt der Vergleich zwischen den Flächen B0 (zweimalige Mahd) und A0 (einmalige Mahd) sowie A1 (Spätmahd), dass durch eine Erhöhung der Mähfrequenz vermutlich keine signifikante Erhöhung der Abundanz von *Senecio aquaticus* bewirkt (keine signifikanten Unterschiede der Deckungsanteile bei diesen Flächen). Dementsprechend kann gesagt werden, dass die geringere Abundanz von *Senecio aquaticus* auf der Fläche B2 mit großer Wahrscheinlichkeit auf die kürzer zurückliegende Simplex-Behandlung zurückzuführen ist. Trotzdem lässt das Ergebnis auch vermuten, dass die Simplex-Behandlung des Vorjahres (2011) auf der Fläche B1 (in Kombination mit den anderen auf B1 durchgeführten Maßnahmen) noch im Jahr 2012 eine Wirkung auf *Senecio aquaticus* hatte, während die Glyphosat-Anwendung des Jahres 2011 auf der Fläche B3 im Folgejahr keinen Erfolg zeigte.

Zu Hypothese 2: Auf der Fläche B0 (mit zweimaligem Mähen) ist die Abundanz von *Senecio aquaticus* gegenüber der Fläche A0 (mit einmaligem Mähen) höher.

Die Hypothese 2 kann auf Grund des Ergebnisses weder bestätigt, noch widerlegt werden. Die Ergebnisse bestätigen nicht, dass einmaliges Mähen eine bessere Reduktionswirkung auf *Senecio aquaticus* hat als zweimaliges Mähen. Um dieser Frage weiter nachzugehen, wären diese Behandlungen in einem Exaktversuch zu untersuchen. Aus folgenden Gründen ist

nachvollziehbar, dass sich diese beiden Varianten in Bezug auf die Deckung von *Senecio aquaticus* nicht unterscheiden:

Die zusätzliche Mahd auf der Fläche B0 hat so früh stattgefunden (Mai/Juni), dass sie das Wachstum bzw. die Blüten- und Samenbildung von *Senecio aquaticus* kaum beeinflusst hat, da sich die Pflanze zu dieser Zeit noch nicht im Blütenstadium befindet. Allenfalls die Mahd am 20.6. im Jahr 2012 hat die Blütenbildung behindert bzw. verzögert. Der Mähzeitpunkt der zweiten Mahd (August) fand bei beiden Flächen am selben Tag statt, d.h. die Verhinderung der Blütenbildung und Aussamung fand im gleichen Maß statt.

Zu Hypothese 3: Auf der Fläche A2 (mit Striegeln und Nachsaat) ist die Abundanz von *Senecio aquaticus* nicht geringer als auf den Kontrollflächen B0 und A4.

Bezüglich der Fläche A2 zeigen die Ergebnisse (höchster Mittelwert des Deckungsanteils von *Senecio aquaticus*), dass die durchgeführten Maßnahmen (zweimal Mähen, Striegeln und Nachsaat) nicht wirksam waren. Da der Deckungsanteil von *Senecio aquaticus* bei der Fläche A2 marginal signifikant höher war als auf der zugehörigen Kontrollfläche B0, kann eher gesagt werden, dass diese Maßnahme das Vorkommen von *Senecio aquaticus* begünstigt. Dies ist vermutlich bedingt durch die zahlreichen Stellen mit offenem Boden, die durch das Striegeln geschaffen wurden. Die Hypothese 3 kann somit bestätigt werden.

Zu Gesamtergebnis Öschlesee

Wie beschrieben, haben sich die Fläche A3 (Nachsaat mit Hochstauden) sowie die Fläche A1 (Spätschnitt) von der Kontrollfläche A0 nicht signifikant unterschieden. Der Spätschnitt auf der Fläche A1 wurde jedoch im Jahr 2011 schon acht Tage nach der Mahd auf der Fläche A0 durchgeführt. Erst 2012 wurde die Mahd auf der Fläche A1 zu einem nennenswert späteren Zeitpunkt (23.10.) vollzogen. Daher war zu erwarten, dass sich im Vergleich zur Kontrollfläche A0 keine signifikanten Unterschiede zeigen. Genauere Erkenntnisse können hierzu daher erst im weiteren Verlauf der Tastversuche gewonnen werden. Da die Deckung von *Senecio aquaticus* auf der Fläche A1 marginal signifikant geringer als auf der Fläche A3 war, ist zu vermuten, dass die auf der Fläche A3 erfolgte Nachsaat nicht zu einer Verringerung der Deckung von *Senecio aquaticus* beigetragen hat. Die Maßnahme auf der Fläche A2A (Ausstechvariante) war entsprechend des Mittelwerts der Deckung von *Senecio aquaticus* (4,5% in Bezug auf die Aufnahmen 2 und 3) wirksam, jedoch nicht ganz so wirksam wie die Maßnahmen auf der Fläche B2 (Mittelwert < 1% bei den Aufnahmen 2–4).

Zu Ergebnis Martinszell

In Martinszell wurde die Abundanz von *Senecio aquaticus* durch das Ausstechen entsprechend der Abbildung 11 geringfügig verringert, was aber nicht signifikant war. Bei Betrachtung der Einzelwerte (Anlage 4 bzw. 5) ist auffällig, dass bei einer Probefläche auf der Fläche MK mit 1 % *Senecio aquaticus* ein deutlich geringerer Deckungsanteil vorgefunden wurde, als bei den zwei anderen Probeflächen. Möglicherweise war dies ein zufälliger Ausreißerwert aufgrund der Standortbedingungen an dieser Stelle (z.B. ein Bereich, der zu stark vernässt war). Außerdem waren die Deckungswerte von *Senecio aquaticus* bei der Kontrollfläche MK in Martinszell im Vergleich zur Kontrollfläche B0 am Öschlesee geringer (marginal signifikant: $p = 0,100$). Dies könnten Gründe dafür sein, warum keine signifikanten Unterschiede zwischen der Fläche MK und M festgestellt werden konnten.

Gesamtergebnis

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Behandlungen auf den Flächen B1 und B2 (beide inkl. Simplex-Behandlung) eine signifikant reduzierende Wirkung auf *Senecio aquaticus* gezeigt haben. Bei der Fläche A2A (Ausstechen) konnte eine Verringerung des Mittelwerts der Deckung von *Senecio aquaticus* festgestellt werden. Über die Signifikanz kann jedoch keine Aussage gemacht werden. Das Management auf der Fläche A2 dagegen war eher kontraproduktiv. Die anderen Maßnahmen zeigten nach dem bisherigen Stand der Tastversuche keine signifikante Reduktionswirkung.

7.5.2 Auswirkung der Management-Verfahren auf die Biodiversität

Zu Hypothese 4: Auf der Fläche A2 (mit Striegeln und Nachsaat) ist die Biodiversität geringer als auf den Kontrollflächen B0 und A4.

Aufgrund der Ergebnisse kann die Hypothese 4 nicht eindeutig bestätigt oder verworfen werden. Der Mittelwert der Artenzahl auf der Fläche A2 war der zweitniedrigste, jedoch nur im Vergleich zu der Fläche B0 marginal signifikant niedriger. Im Vergleich zu den Kontrollflächen B0 und A4 war der Shannon-Weaver-Index auf der Fläche A2 marginal signifikant geringer. Falls die Hypothese 4 weiter untersucht werden soll, müssten bei zukünftigen Vegetationsaufnahmen nach dem Striegeln mindestens drei Plots aufgenommen werden und eine Untersuchung auf signifikante Unterschiede zu den anderen Flächen (inkl. Kontrollflächen) gemacht werden. Da im Rahmen dieser Tastversuche die Wirksamkeit der Maßnahmen auf der Fläche A2 bezüglich der Verringerung der Abundanz von *Senecio aquaticus* nicht bestätigt werden kann, ist die Bedeutung dieser Frage allerdings gering.

Zu Hypothese 5: Auf der Fläche B2 (mit Anwendung des Herbizids „Simplex“ sowie mit mineralischer Düngung und Nachsaat) ist die Biodiversität geringer und der Anteil an Gräsern höher als bei den Kontrollflächen B0 und A4.

Die Versuchsfläche B2 zeigte (gemessen an der Artenzahl und dem Shannon-Weaver-Index (abgewandelt)) eine geringere Biodiversität als die anderen Versuchsflächen (außer B1, A2 und A2A). Demnach kann der erste Teil der Hypothese 5 bestätigt werden. Ergänzend ist erwähnenswert, dass auch bei Betrachtung der Versuchsfläche B1 (Simplex-Behandlung im Jahr 2011) ein marginal signifikant niedrigerer Shannon-Weaver-Index im Vergleich zu den Kontrollflächen B0 und A4 nachgewiesen werden konnte. Die Artenzahl auf der Fläche B1 war ebenfalls marginal signifikant niedriger als bei den Flächen B0 und A4. Da es keine Versuchsfläche mit Simplex-Behandlung und ohne mineralischer Düngung sowie ohne Nachsaat gibt bzw. da auf der Kontrollfläche B0 keine mineralische Düngung und keine Nachsaat stattgefunden hat, bleibt unklar, welche Rolle der mineralischen Düngung und der Nachsaat hierbei zukommt. Auf der Fläche B1 hat wie bei der Fläche B2 eine mineralische Düngung im Jahr 2012 stattgefunden. Es ist zu vermuten, dass die etwas höhere Artenzahl sowie der etwas höhere Shannon-Weaver-Index auf der Fläche B1 darauf zurückzuführen ist, dass die Simplex-Behandlung hier im Jahr 2011 und nicht wie bei der Fläche B2 im Jahr 2012 durchgeführt worden ist. Trotzdem waren die Artenzahl und der Shannon-Weaver-Index auf der Fläche B1 noch marginal signifikant niedriger als bei den Kontrollflächen B0 und A4 sowie anderen Flächen. Dies kann damit erklärt werden, dass die Effekte der Simplex-Behandlung auf die Biodiversität sich auch ein Jahr später noch ausgewirkt haben. Eine andere Erklärung wäre, dass dies mit den anderen Maßnahmen (Mineraldüngung, Nachsaat) zusammenhängt.

Der zweite Teil der Hypothese 5 (in Bezug auf den Deckungsanteil von Gräsern) kann mit Hilfe der Ergebnisse ebenfalls bestätigt werden. Der Deckungsanteil der Gräser war bei den Flächen B2 und B1 im Vergleich zu allen anderen Flächen (außer A2A) marginal signifikant höher.

Sonstiges

Wie beschrieben, war der Shannon-Weaver-Index bei der Fläche A4 (ohne Nutzung) marginal signifikant höher als bei allen anderen Flächen außer der Kontrollfläche B0. Dies zeigt, dass eine besonders extensive Bewirtschaftung zu einer besonders hohen Biodiversität führen kann. Da die Unterschiede bei der Artenzahl im Vergleich zu den meisten anderen Flächen nicht signifikant waren, liegt dies wohl vorwiegend an einer höheren Gleichverteilung der Deckungsanteile der einzelnen Arten, d.h. die Deckungsanteile der vorkommenden Arten sind ähnlicher als bei den anderen Flächen.

Die Verringerung des Shannon-Weaver-Indexes bei der Fläche B3 deutet darauf hin, dass entweder die Herbizid-Behandlung vom Vorjahr noch im Jahr 2012 eine Verringerung der

Biodiversität zur Folge hatte oder dass die mineralische Düngung bzw. die Nachsaat einen negativen Einfluss auf die Biodiversität hatte. Die Auswirkungen der mineralischen Düngung auf die Biodiversität werden in der Master-Arbeit (Hennings 2013) näher untersucht. Die Spätmahd auf der Fläche A1 sowie die Nachsaat einer Hochstaudenflurmischung auf der Fläche A3 hatten entsprechend der Ergebnisse keinen negativen Effekt auf die Biodiversität. Bei der Fläche A2A waren zwar die Mittelwerte von Shannon-Weaver-Index und Artenzahl geringer als bei den Kontrollflächen. Da hier keine Signifikanz angegeben werden kann, ist jedoch keine abschließende Aussage möglich. Eine geringfügige Verringerung der Biodiversität durch das Ausstechen ist denkbar, weil dadurch auch unbeabsichtigt andere Arten betroffen sein können.

Zu Ergebnisse Martinszell

Im Vergleich zu den meisten Flächen am Öschlesee und insbesondere zur Ausstechvariante A2A war der Mittelwert des Shannon-Weaver-Index und der Artenzahl bei der Ausstechfläche in Martinszell (Fläche M) höher. Die Begründung dafür kann in den unterschiedlichen Standortbedingungen (Feuchtigkeitsverhältnisse, Böden) liegen. Warum die Artenzahl bei der Ausstechfläche M in Martinszell höher war als bei der zugehörigen Kontrollfläche MK, ist noch unklar. Eine Begründung kann eine stärkere Vernässung auf der Fläche MK sein. Es ist vor Ort auch aufgefallen, dass die Kontrollfläche teilweise besonders nass war.

Einflussfaktoren auf die Ergebnisse

Bei der Planung der Vegetationsaufnahmen wurde darauf geachtet, die Fehlerquellen möglichst gering zu halten. Beispielsweise wurde die Mindestzahl von drei Aufnahmen pro Fläche eingehalten (außer bei der sehr kleinen Untervariante A2A (Ausstechvariante)). Die Vegetationsaufnahme inkl. Deckungsabschätzung und Bestimmung der Arten wurde sehr sorgfältig durchgeführt. Bei Zweifeln in Bezug auf die Bestimmung der Arten wurde Rücksprache mit den Betreuern gehalten. Trotzdem gibt es wie bei vergleichbaren Untersuchungen auch bei dieser Arbeit Fehlerquellen, die im Folgenden genannt werden.

Die Anzahl der Aufnahmen pro Fläche betrug drei bis vier. Eine noch größere Anzahl an Aufnahmen pro Fläche hätte das Fehlerpotential von zufälligen Abweichungen weiter reduziert. Dies war jedoch wegen des zusätzlichen Aufwands nicht möglich.

Eine weitere denkbare Fehlerquelle ist die Bestimmung der Arten. Besonders bei den Pflanzen, die zum Zeitpunkt der Vegetationsaufnahme nicht blühten (z.B. verschiedene Gräser oder *Taraxacum officinalis* agg.) ist eine gewisse Unsicherheit nicht auszuschließen.

Durch das Management auf den Flächen werden Veränderungen herbeigeführt, welche die Ergebnisse beeinflussen können. Dazu zählen beispielsweise Bekämpfungsmaßnahmen von

Senecio aquaticus durch Herbizid-Anwendung oder durch das Ausstechen dieser Pflanze. Es spielt auch eine Rolle, wie der zeitliche Abstand zwischen der Vegetationsaufnahme und der letzten Mahd ist. Ein geringer Abstand zwischen der Mahd und der Vegetationsaufnahme hat einen Einfluss auf die von oben sichtbaren Deckungsanteile der Arten und kann zu Unsicherheiten bei der Bestimmung der Arten führen.

Wie in Kapitel 7.3 erläutert, wird ist die Aussagekraft dieser Tastversuche geringer als bei Exaktversuchen, und für Management-Methoden, die nach Durchführung der Tastversuche vielversprechend sind, müssen noch Exaktversuche durchgeführt werden, um die Wirkung statistisch nachweisen zu können.

8. Schlussfolgerungen und weiterer Untersuchungsbedarf

Die Pflanze *Senecio aquaticus* kann bei entsprechenden Standortbedingungen hohe Abundanzen erreichen. Auf Grund der Giftigkeit und der Schäden für die Landwirte ist dies ein dringliches Problem im feuchten Grünland des Allgäu sowie in anderen Regionen.

Die vorliegenden Untersuchungen deuten darauf hin, dass das Herbizid Simplex in Kombination mit einer Mineraldüngung (Flächen B2 und B1) die Pflanze *Senecio aquaticus* wirksam verdrängen kann. Dies muss in Exaktversuchen noch bestätigt werden. Dabei sollte die Simplex-Behandlung auch unabhängig von der Mineraldüngung getestet werden. Die Simplex-Anwendung mit kombinierter Mineraldüngung hatte jedoch auch eine Verringerung der Biodiversität und eine Erhöhung des Anteils an Gräsern zur Folge. In der biologischen Landwirtschaft ist diese Methode daher kaum einsetzbar. Denkbar wäre allenfalls, diese Methode als vorbereitende Maßnahme einzusetzen, um *Senecio aquaticus* zu entfernen (entsprechend der „Null-Toleranz-Strategie“) und später auf biologische Landwirtschaft umzustellen. Das Ausstechen ist dagegen eine Methode, die in der biologischen Landwirtschaft anwendbar ist. Hiermit ist ebenfalls eine gewisse Reduktion der Abundanz von *Senecio aquaticus* zu erreichen, sie ist jedoch mit einem hohen Aufwand verbunden.

Die getesteten Methoden „Striegeln und Nachsaat“ (Fläche A2) sowie „Glyphosat-Anwendung und Mineraldüngung“ (Fläche B3) zeigten keine Reduktionswirkungen und müssen nicht weiter verfolgt werden. Zudem haben diese Methoden sich eher ungünstig auf die Biodiversität ausgewirkt. Die Ausdunkelungs-Variante (Fläche A1) sollte noch mindestens ein weiteres Jahr untersucht werden, da hier erst im Jahr 2012 ein tatsächlicher Spätschnitt erfolgt ist. Die Aussicht auf einen Erfolg in Bezug auf die Zurückdrängung von *Senecio aquaticus* scheint jedoch eher gering zu sein (vgl. Bassler et al. 2011). Bei der Variante „Nachsaat mit Hochstaudenflurmischung“ (Fläche A3) zeichnet sich ab, dass keine Reduktionswirkung erzielt wird. Um sicher zu gehen, könnte man diese Variante noch ein weiteres Jahr testen (zumal im Jahr 2012 von Übersaat auf Nachsaat umgestellt wurde). Bei weiteren Untersuchungen könnte die Saatmischung ggf. verändert werden.

Eine Methode, die für den biologischen Landbau geeignet ist, und die nicht so aufwändig zu realisieren ist, wie das Ausstechen, ist die dreimal jährliche Mahd (Anfang Juli, Anfang August, Anfang Oktober), die in der österreichischen Studie (Bassler et al. 2011) zu einer Reduktion von *Senecio aquaticus* geführt hat.

Weiterhin ist zu empfehlen, die Einsatzmöglichkeiten einer biologischen Bekämpfung mit phytophagen Insekten zu prüfen. Dabei ist insbesondere die Federmotte (*Platyptilia isodactyla*) zu nennen, mit der *Senecio aquaticus* in Australien und Neuseeland bereits reduziert werden konnte (vgl. Kapitel 6, Leiss 2011). Auch ein möglicher Einsatz von Saatmischungen, die Pflanzen enthalten, welche noch schneller keimen als *Senecio*

aquaticus, wäre interessant. Allgemein ist bei der Bekämpfung von *Senecio aquaticus* wichtig, Lücken in der Grasnarbe zu vermeiden (Suter & Lüscher 2008).

Neben den herkömmlichen Herbiziden ist besonders der Einsatz von Bioherbiziden (wie von K. Gehring (Landesanstalt für Landwirtschaft) bei dem letzten Senecio-Gespräch der Arbeitsgruppe am 21.2.2013 vorgestellt, interessant und sollte weiterverfolgt werden (möglichst auch im Rahmen von Exaktversuchen). Ein Beispiel für ein Bioherbizid ist das Citronella-Öl (vgl. Britt et al. 2003).

Auch eine mögliche Prüfung der folgenden Methoden sollte in die Überlegungen einbezogen werden:

- Pflügen gefolgt von einer Samenbett-Präparation der obersten Schicht (vgl. Suter & Lüscher 2011);
- Anwendung der australischen „Mitchell-Technik“ (Watt 1987) als vorbereitende Maßnahme;
- Abflämmen als vorbereitende Maßnahme;
- Weitere Suche nach Herbiziden, die spezifischer als Simplex sind und nur für eine begrenzte Artengruppe wirksam sind.

Literaturverzeichnis

- Bassler, G.; Kriechbaum, M. et al. (2011). *Giftpflanzen im Grünland - aktuelle Zunahme, Ursachen und Lösungsmöglichkeiten am Beispiel von Greiskraut-Arten und Herbstzeitlose*. (U. f. Wien, Hrsg.) Wien.
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). (2013a). *Saatguteinsatz im Grünland*. Freising.
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. (2013b). *LfL Pflanzenschutz*. Abgerufen am 03. 06. 2013 von <http://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/32412/>
- Bayerische Vermessungsverwaltung. (2013). *BayernAtlas*. Abgerufen am 08. 05. 2013 von <http://geoportal.bayern.de/bayernatlas>
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, L. u. (2011). *Bayerisches Vertragsnaturschutzprogramm*. Abgerufen am 18. 06. 2013 von <http://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/agrarpolitik/dateien/532142.pdf>
- Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. (2011a). *Das Kulturlandschaftsprogramm (KULAP)*. Abgerufen am 18. 06. 2013 von <http://www.verwaltung.bayern.de/portal/cl/1058/Gesamtliste.html?cl.document=3885356>
- Bedenik, H. (2011). Pflege-Bewirtschaftungskonzept. unveröffentlicht.
- Bedenik, H. (2011). *Schlussbericht 2011: Zurückdrängung von Kreuzkraut (Senecio aquaticus) im Allgäu als staatliche Maßnahme*. Ruderatshofen.
- Bedenik, H. (2012). Pflege-Bewirtschaftungskonzept. unveröffentlicht.
- Bedenik, H. (2012). *Schlussbericht 2012: Tastversuche zur Zurückdrängung von Kreuzkraut (Senecio aquaticus) im Allgäu als staatliche Maßnahme*. Ruderatshofen.
- Berninger, O.; Blechschmidt, D.; Böhm, D. et al. (1968). *Topographischer Atlas Bayern*. (B. Landesvermessungsamt, Hrsg.) München: Paul List Verlag.
- Blume, H.P.; Brümmer, G.W.; Horn, R. et al. (2010). *Scheffer/Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Börner, H. (1995). *Unkrautbekämpfung*. Jena: Gustav Fischer Verlag.
- Braun-Blanquet, J. (1964). *Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde*. Wien: Springer.
- Bresinsky, A.; Körner, C.; Kadereit, J.W.; Neuhaus, G. & Sonnewald, U. (2008). *Strasburger Lehrbuch der Botanik*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Briemle, G. (1996). *Farbatlas Kräuter und Gräser in Feld und Wald*. Stuttgart: Ulmer.

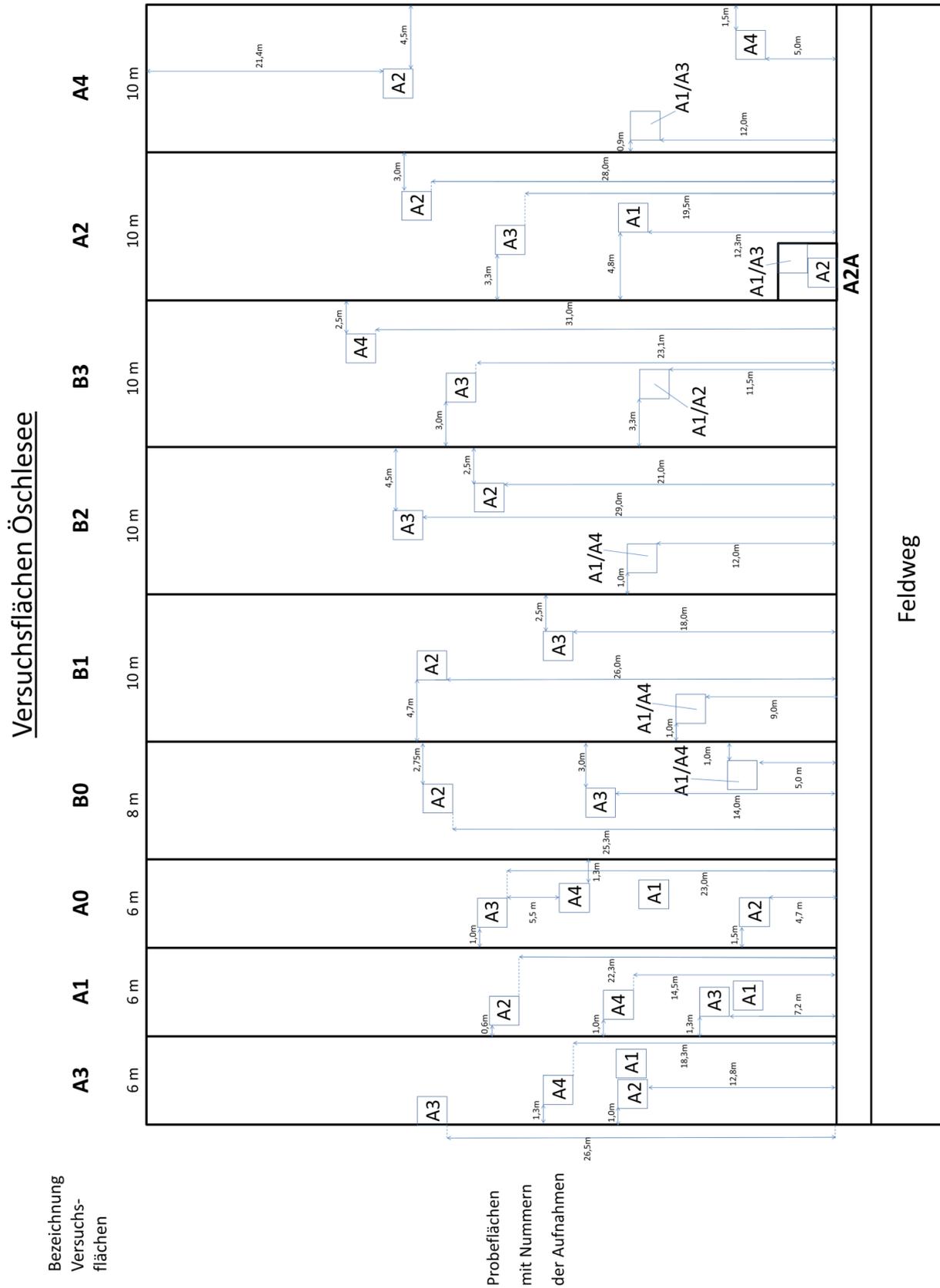
- Briemle, G. (2000). *Giftpflanzen des Grünlandes*. Abgerufen am 08. 04. 2013 von https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1209718_1/LVVG_Giftpflanzen%20des%20Gr%C3%BCnlandes.pdf
- Briemle, G., Nitsche, S. & Nitsche, L. (2002). Nutzwertzahlen für Gefäßpflanzen des Grünlandes. (B. f. Naturschutz, Hrsg.) *Schriftreihe für Vegetationskunde*, S. 203-225.
- Britt, C.; Mole, A.; Kirkham, F. & Terry, A. (2003). *The Herbicide Handbook*. English Nature.
- Bundesamt für Naturschutz. (2006). *FloraWeb*. (Bundesamt für Naturschutz) Abgerufen am 15. 03. 2013 von <http://www.floraweb.de/pflanzenarten/verbreitung.xsql?suchnr=5469&>
- Bundesministerium für Bildung und Forschung. (2013). *Biosicherheit*. Abgerufen am 03. 06. 2013 von <http://www.biosicherheit.de/lexikon/664.glyphosat.html>
- Candrian, U.; Lüthi, J.; Schmid, P.; Schlatter, C. (32 1984). Stability of pyrrolizidine alkaloids in hay and silage. *Agricultural Food Chemistry*, S. 935-937.
- Candrian, U.; Zweifel, U.; Lüthi, J.; Schmid, P.; Schlatter, C. (39 1991). Transfer of orally administered [3H] Seneciophylline into cow's milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, S. 930-933.
- Conradi, T. & Zehm, A. (2011). *Zusammenstellung zur Kreuzkraut-Situation (Gattung Senecio) - aktueller Kenntnisstand zum Management - Unveröffentlichtes Informationsblatt der Regierung von Schwaben und des Bayerischen Landesamtes für Umwelt*. Augsburg.
- Crews, C.; Driffield, M.; Berthiller, F.; Krska, R. (2009). Loss of pyrrolizidine alkaloids on decomposition of ragwort (*Senecio jacobaea*) as measured by LC-TOF-MS. *Agricultural Food Chemistry*(57), S. 3669-3673.
- Deutscher Wetterdienst. (2013a). Abgerufen am 05. 06. 2013 von http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=_dwdwww_klima_umwelt_klimadaten_deutschland&T82002gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima__Umwelt%2FKlimadaten%2Fkldaten__kostenfrei%2Fkldat__D__mittelwerte__node.html
- Deutscher Wetterdienst. (2013b). Abgerufen am 05. 06. 2013 von http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Presse/Pressekonferenzen/2012/PK__03__05__12/ZundF__PK__20120503,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/ZundF__PK__20120503.pdf
- Dierschke, H. & Briemle, G. (2002). *Kulturgrasland*. Stuttgart: Ulmer.
- Doppler, G.; Fiebig, M.; Freudenberger W. et al. (2004). *GeoBavaria*. München: Bayerisches geologisches Landesamt.
- Edgar, J.A.; Roeder, E.; Molyneux, R.J. (2002). Honey from plants containing pyrrolizidine alkaloids: a potential threat to health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*(Nr.50), S. 2719-2730.
- Eggenberg, S. & Möhl, A. (2009). *Flora Vegetativa*. Bern u.a.: Haupt.

- Ellenberg, H. & Leuschner, C. (2010). *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Elsäßer, M.; Engel, S. & Roßberg, R. (2010). *DLG-Merkblatt 357 - Problem-Unkräuter im Grünland, Beschreibung und integrierte Maßnahmen*. Frankfurt/Main: DLG e.V. Fachzentrum Land- und Ernährungswirtschaft.
- Emmet, A.M. & Heath, J. (1989). *The moths and butterflies of Great Britain and Ireland* (Bd. vol. 7 part I). Harley Books.
- Faithful, I.; Newnham, M.; Green, K.; Freeman, N. (1999). Biological control of ragwort with the ragwort plume moth. *Landcare Note LC0166*. State of Victoria: Department of Natural Resources and Environment.
- Gehring, K. & Thyssen, S. (2012). *Jakobs-Kreuzkraut: Eine große Gefahr für die Gesundheit von Pferden und Rindern*. (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) Abgerufen am 10. 04. 2013 von <http://www.lfl.bayern.de/ips/unkraut/31470/>
- Gourlay, H. (2007). Ragwort plume moth. *Landcare Research, New Zealand Information Note*.
- Haccius, M.; Langerbein, R.; Neuendorff, J. et al. (2011). *EU-Verordnung Ökologischer Landbau*. Abgerufen am 18. 06 2013 von http://www.umwelt.nrw.de/landwirtschaft/pdf/broschuere_eu-verordnung_oekolandbau.pdf
- Heitefuss, R. (2000). *Pflanzenschutz*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag.
- Hennings, H. (2013). *Landschaftsökologische Analyse des Vorkommens von Senecio aquaticus (Wasser-Kreuzkraut) in voralpinen Feuchtwiesen (Master-Arbeit)*. Freising: TU München-Weihenstephan, unveröffentlicht.
- Hill, M.O. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*(Nr.54), S. 427-432.
- Jäger, E.J. (2000). *Rothmaler: Exkursionsflora von Deutschland* (Bd. Gefäßpflanzen: Atlasband). Heidelberg: Spektrum.
- Jäger, J. E. (2011). *Rothmaler: Exkursionsflora von Deutschland* (Bd. 2 Gefäßpflanzen (Grundband)). Heidelberg: Spektrum.
- Kempf, M.; Beuerle, T.; Bühringer, M.; Denner, M.; Trost, D.; von der Ohe, K.; Bhavanam VBR; Schreier, P. (2008). Pyrrolizidine alkaloids in honey: risk analysis by gas chromatography-mass spectrometry. *Molecular Nutrition & Food Research*(Nr.52), S. 1193-1200.
- Klapp, E.; Boeker, P.; König, F. & Stählin, A. (1953). *Wertzahlen der Grünlandpflanzen*. Hannover: Schaper.
- Klotz, S.; Durka, W.; Kühn, I.; Fink, H. & May, R. (kein Datum). *BioFlor Version 1.1*. (Bundesamt für Naturschutz & Umweltforschungszentrum Leipzig - Halle GmbH) Abgerufen am 10. 04. 2013 von <http://www2.ufz.de/bioflor/index.jsp>

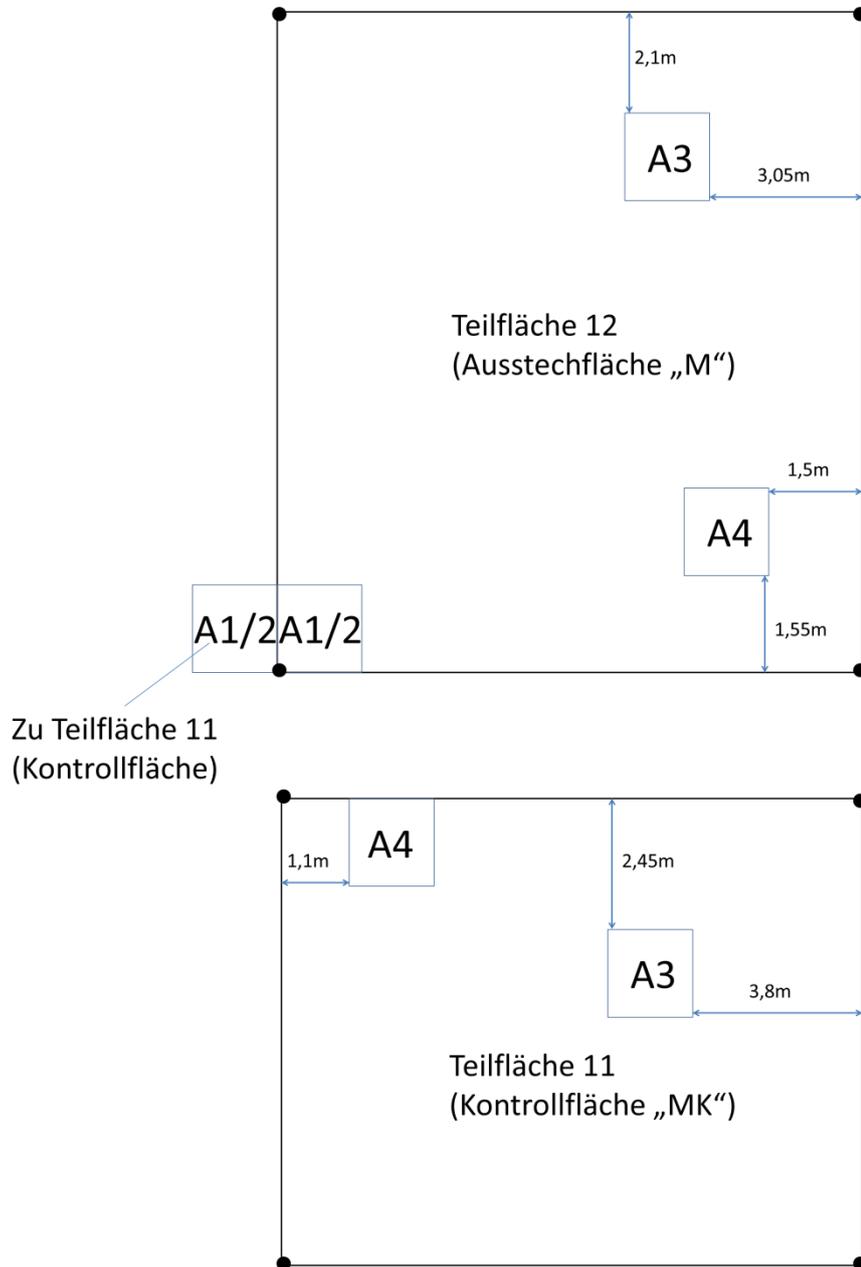
- Kommission, Europäische. (2011). *Durchführungsverordnung Nr. 1045/2011 DER KOMMISSION*. Abgerufen am 16. 03. 2013 von <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:275:0023:0024:DE:PDF>
- Kuhn, G.; Heinz, S. & Mayer, F. (2011). *Grünlandmonitoring Bayern - Ersterhebung der Vegetation 2002 - 2008*. Freising-Weihenstephan: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL).
- Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. (2013). *Stickstoffdüngemittel*. Abgerufen am 03. 06. 2013 von <http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/pdf/n-duengemittel-pdf.pdf>
- Lauber, K. & Wagner, G. (2012). *Flora Helvetica*. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt Verlag.
- Leiss, K.A. (2011). Management practice for control of ragwort species. *Phytochem Rev*(Nr.10), S. 153-163.
- Lochner, H.& Breker, J. (2012). *Fachstufe Landwirt*. München: BLV Buchverlag.
- McLaren, D & Faithful, I.I. (2004). Ragwort-Management. Landcare Note LC0382. (S. o. Department of Sustainability and Environment, Hrsg.)
- McLaren, D.A.; Ireson, J.E.; Kwong, R.M. (2000). Biological control of ragwort (*Senecio jacobaea* L.) in Australia. *Spencer NR (ed) Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds 1999*, (S. 67-79). Montana.
- Munzert, M. (1992). *Einführung in das pflanzenbauliche Versuchswesen*. Berlin, Hamburg: Paul Parey.
- Oberdorfer, E. (1994). *Pflanzensoziologische Exkursionsflora*. Stuttgart: Ulmer.
- raiffeisen.com GmbH & Co. KG. (2013). *raiffeisen.com*. Abgerufen am 03. 06. 2013 von <http://www.raiffeisen.com>
- Roberts, P.D. & Pullin, A.S. (39 2007). The Effectiveness of Management Interventions Used to Control Ragwort Species. *Environmental Management*, S. 691-706.
- Schweizerische Eidgenossenschaft. (2013). *Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF*. Abgerufen am 08. 06. 2013 von <http://www.blw.admin.ch/psm/wirkstoffe/index.html?lang=de&item=35>
- Sebald, O.; Seybold, S.; Philippi, G. & Wörz, A. (1996). *Die Farn- und Blütenpflanzen Baden-Württembergs* (Bd. 6). Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Shannon, C.E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*(Nr.27), S. 379-423, 623-656.
- Suter, M. & Lüscher, A. (2008). Occurrence of *Senecio aquaticus* in relation to grassland management. *Applied Vegetation Science*(Nr.2), S. 317-324.
- Suter, M. & Lüscher, A. (2011). Measures for the control of *Senecio aquaticus* in managed grassland. *Weed Research*(Nr.51), S. 601-611.

- Suter, M. & Lüscher, A. (2012). Rapid and High Seed Germination and Large Soil Seed Bank of *Senecio aquaticus* in Managed Grassland. *The scientific World Journal*.
- Voigtländer, G. & Jacob, H. (1987). *Grünlandwirtschaft und Futterbau*. Stuttgart: Ulmer.
- Wardle, D.A. (1987). The ecology of ragwort (*Senecio jacobaea* L.) - a review. *New Zealand Journal of Ecology*(10), S. 67-76.
- Watt, T.A. (1987). The biology and toxicity of ragwort (*Senecio jacobaea* L.) and its herbicidal and biological control. *Herbage Abstr*(57), S. 1-6.
- Zerbe, Z.& Wiegand, G. (2009). *Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa*. Heidelberg: Spektrum.

Anlage 2: Lage der untersuchten Probestellen auf den Versuchs- bzw. Kontrollflächen am Öschlesee (schematische Darstellung)



Anlage 3: Lage der untersuchten Probeflächen auf der Versuchsfläche sowie der Kontrollfläche in Martinszell



Anlage 4: Ergebnistabelle der Vegetationsaufnahmen (Vegetationstabelle)

Bezeichnung der Teilfläche	Deckungsanteile der Pflanzen auf den einzelnen Aufnahmeflächen in [%] der Gesamtdeckung																																													
	A3	A3	A3	A3	A1	A1	A1	A1	A0	A0	A0	A0	B0	B0	B0	B0	B1	B1	B1	B1	B2	B2	B2	B2	B3	B3	B3	B3	A2	A2	A2	A2A	A2A	A2A	A4	A4	A4	A4	MK	MK	MK	MK	M	M	M	M
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	
Nummer der Teilfläche																																														
Nummer der Aufnahme																																														
Pflanzenname Latein	Deutscher Name																																													
Agrostis capillaris L.	Rotes Straußgras																																													
Alchemilla vulgaris L.	Gewöhnlicher Frauenmantel																																													
Alopecurus pratensis L.	Wiesen-Fuchsschwanz																																													
Anthoxanthum odoratum L.	gewöhnliches Ruchgras																																													
Arrhenatherum elatius (L.) J. PRESL et C. PRESL	Glatthafer																																													
Bellis perennis L.	Ausdauerndes Gänseblümchen																																													
Caltha palustris L.	Sumpf-Dotterblume																																													
Cardamine pratensis L. s. str.	Wiesen-Schaumkraut																																													
Carex hirta L.	Behaarte Segge																																													
Carex nigra (L.) REICHARD	Wiesen-Segge																																													
Carex panicea L.	Hirse-Segge																																													
Carex spicata HUDS.	Dichtährige Segge																																													
Carum carvi L.	Wiesen-Kümmel																																													
Centaurea jacea ssp. Angustifolia Grelli	Schmalblättrige Wiesen-Flockenblume																																													
Cerastium holosteoides FR.	gewöhnliches Hornkraut																																													
Cynosurus cristatus L.	Weide-Kammgras																																													
Dactylorhiza maculata (L.) Soó	gefleckte Fingerwurz																																													
Deschampsia cespitosa (L.) P. BEAUV.	Rasen-Schmiele																																													
Equisetum palustre L.	Sumpf-Schachtelhalm																																													
Festuca arundinacea SCHREB.	Rohrschwengel																																													
Festuca pratensis HUDS.	Wiesen-Schwengel																																													
Festuca rubra L.	gew. Rot-Schwengel																																													
Filipendula ulmaria (L.) MAXIM	Echtes Mädesüß																																													
Galium album MILL.	weißes Labkraut																																													
Galium palustre L.s.str.	Sumpf-Labkraut																																													
Glechoma hederacea L.	gewöhnlicher Gundermann																																													
Glyceria declinata BREB.	blaugrüner Schwaden																																													
Holcus lanatus L.	wolliges Honiggras																																													
Juncus effusus L.	Flatter-Binse																																													
Juncus inflexus L.	Blaugrüne Binse																																													
Lolium perenne L.	Deutsches Weidelgras																																													
Lotus pedunculatus CAV. [L. uliginosus]	Sumpf-Hornklee																																													
Lysimachia nummularia L.	Pfennigkraut																																													
Mentha arvensis L.	Acker-Minze																																													
Myosotis scorpioides L. [M. palustris]	Sumpf-Vergissmeinnicht																																													
Pilosella lactucella (WALLR.) P.D. SELL et C. WEST	Öhrchen-Habichtskraut																																													
Pimpinella saxifraga L.	kleine Pimpinelle																																													
Plantago lanceolata L.	Spitz-Wegerich																																													
Plantago uliginosa F.W. SCHMIDT [Plantago intermedia]	kleiner Wegerich																																													
Poa angustifolia L.	Schmalblättriges Rispengras																																													
Poa trivialis L.	gewöhnliches Rispengras																																													
Prunella vulgaris L.	gewöhnliche Braunelle																																													
Ranunculus acris L.	Scharfer Hahnenfuß																																													
Ranunculus repens L.	kriechender Hahnenfuß																																													
Rumex acetosa L.	Wiesen-Sauerampfer																																													
Scorzoneroides autumnalis (L.) MOENCH [Leontodon autumnalis]	Herbst-Schuppenlößenzahn																																													
Senecio aquaticus HILL	Wasser-Kreuzkraut																																													
Trifolium dubium SIBTH.	Faden-Klee																																													
Trifolium incarnatum L.	Inkarnat-Klee																																													
Trifolium pratense L.	Wiesen-Klee / Rotklee																																													
Trifolium repens L.	Weißklee																																													
Veronica chamaedrys L.s.str.	Gamander-Ehrenpreis																																													
Summe Blütenpflanzen	[%]																																													
Moose	[%]																																													
Streu	[%]																																													
Boden	[%]																																													
Gesamtdeckung Pflanzen	[%]																																													

Anlage 5: Merkmale des Pflanzenbestandes

Bezeichnung Teilfläche	Nummer Teilfläche	Nummer Aufnahme	Datum der Aufnahme	Deckung Senecio aquaticus [%]	Artenzahl	Anzahl gefährdete Arten	Artenzahl Gräser	Anteil Gräser [%]	Deckung Gräser [%]	Anteil Krautige (ohne Gräser) [%]	Shannon-Weaver	Deckung Blütenpflanzen [%]	Deckung Moose [%]	Deckung Streu [%]	Deckung Boden [%]	Mittelwerte der berücksichtigten Aufnahmen			
																Deckung Senecio aquaticus [%]	Artenzahl	Deckung Gräser [%]	Shannon-Weaver
A3	1	1	05.07.2012	21	11	1	3	27	32	73	2,13	85	5	5	5	erste Aufnahme nicht berücksichtigt			
A3	1	2	03.09.2012	25	15	2	3	20	35	80	2,00	87	5	4	4	25,7	12,3	43,3	1,8
A3	1	3	26.09.2012	25	12	2	4	33	45	67	1,83	88	7	2	3				
A3	1	4	18.10.2012	27	10	1	3	30	50	70	1,62	93	3	2	2				
A1	2	1	05.07.2012	20	13	1	4	31	36	69	2,23	88	5	5	2	erste Aufnahme nicht berücksichtigt			
A1	2	2	23.08.2012	13	12	1	3	25	51	75	2,08	91	5	3	1	18,7	12,0	47,0	2,1
A1	2	3	23.08.2012	23	12	1	4	33	43	67	2,15	91	2	5	2				
A1	2	4	26.09.2012	20	12	1	4	33	47	67	1,94	90	3	5	2				
A0	3	1	05.07.2012	23	12	1	4	33	40	67	2,11	92	3	5	0	erste Aufnahme nicht berücksichtigt			
A0	3	2	03.09.2012	28	12	1	5	42	40	58	2,06	94	1	2	3	19,3	11,7	53,7	2,0
A0	3	3	23.09.2012	15	10	1	4	40	59	60	1,92	93	4	1	2				
A0	3	4	18.10.2012	15	13	2	6	46	62	54	2,09	95	2	2	1				
B0	4	1	22.07.2012	20	11	1	3	27	40	73	2,04	92	1	3	4	erste Aufnahme nicht berücksichtigt			
B0	4	2	03.09.2012	18	15	1	5	33	50	67	2,24	88	6	3	3	16,0	14,0	51,0	2,2
B0	4	3	23.09.2012	15	13	1	4	31	56	69	2,14	93	2	1	4				
B0	4	4	03.10.2012	15	14	2	4	29	47	71	2,18	89	2	5	4				
B1	5	1	22.07.2012	7	8	1	2	25	72	75	1,38	94	1	3	2	erste Aufnahme nicht berücksichtigt			
B1	5	2	03.09.2012	3	10	1	3	30	81	70	1,35	95	1	3	1	6,3	10,3	73,3	1,6
B1	5	3	23.09.2012	10	11	1	3	27	69	73	1,72	92	3	2	3				
B1	5	4	03.10.2012	6	10	1	3	30	70	70	1,77	90	3	4	3				
B2	6	1	22.07.2012	22	8	1	2	25	47	75	1,62	88	5	3	4	erste Aufnahme nicht berücksichtigt			
B2	6	2	03.09.2012	0	5	0	3	60	86	40	1,11	89	3	2	6	0,3	7,7	82,0	1,3
B2	6	3	23.09.2012	1	10	2	4	40	82	60	1,58	94	3	2	3				
B2	6	4	03.10.2012	0	8	0	3	38	78	63	1,36	88	4	4	4				
B3	7	1	05.07.2012	26	12	2	3	25	37	75	1,85	84	3	5	8	erste Aufnahme nicht berücksichtigt			
B3	7	2	23.08.2012	27	10	2	3	30	41	70	1,68	85	5	5	5	20,7	11,0	51,7	1,8
B3	7	3	23.08.2012	22	12	2	4	33	49	67	1,85	88	2	5	5				
B3	7	4	23.09.2012	13	11	2	4	36	65	64	1,86	91	2	5	2				
A2	8	1	22.07.2012	20	12	2	3	25	48	75	1,92	86	5	3	6	28,7	9,3	38,3	1,8
A2	8	2	03.09.2012	30	7	1	3	43	38	57	1,69	80	3	2	15				
A2	8	3	23.09.2012	36	9	1	4	44	29	56	1,73	79	2	2	17				

Anlage 5: Merkmale des Pflanzenbestandes

Bezeichnung Teilfläche	Nummer Teilfläche	Nummer Aufnahme	Datum der Aufnahme	Deckung Senecio aquaticus [%]	Artenzahl	Anzahl gefährdete Arten	Artenzahl Gräser	Anteil Gräser [%]	Deckung Gräser [%]	Anteil Krautige (ohne Gräser) [%]	Shannon-Weaver	Deckung Blütenpflanzen [%]	Deckung Moose [%]	Deckung Streu [%]	Deckung Boden [%]	Mittelwerte der berücksichtigten Aufnahmen			
																Deckung Senecio aquaticus [%]	Artenzahl	Deckung Gräser [%]	Shannon-Weaver
A2 A	9	1	22.07.2012	6	10	2	4	40	51	60	1,90	69	3	3	25	erste Aufnahme nicht berücksichtigt			
A2 A	9	2	03.09.2012	6	10	1	5	50	67	50	1,73	86	3	3	8	4,5	11,5	57,0	1,9
A2 A	9	3	03.10.2012	3	13	2	4	31	47	69	1,98	66	1	2	30				
A4	10	1	05.07.2012	25	12	1	6	50	39	50	2,26	87	5	5	3	erste Aufnahme nicht berücksichtigt			
A4	10	2	23.08.2012	24	17	2	8	47	45	53	2,51	95	3	1	1	19,7	14,3	40,7	2,3
A4	10	3	23.08.2012	21	15	2	7	47	39	53	2,36	87	5	5	3				
A4	10	4	03.10.2012	14	11	1	4	36	38	64	2,17	89	2	7	2				
MK	11	1	22.07.2012	14	16	1	7	44	53	56	2,47	92	3	3	2	erste Aufnahme nicht berücksichtigt			
MK	11	2	27.08.2012	11	15	1	7	47	60	53	2,39	92	4	2	2	7,3	13,3	57,7	2,3
MK	11	3	27.08.2012	1	12	1	5	42	59	58	2,20	94	4	1	1				
MK	11	4	25.09.2012	10	13	1	6	46	54	54	2,37	89	7	2	2				
M	12	1	22.07.2012	7	20	2	8	40	55	60	2,67	90	4	3	3	erste Aufnahme nicht berücksichtigt			
M	12	2	27.08.2012	8	13	1	7	54	65	46	2,26	91	3	1	5	6,7	16,7	54,7	2,4
M	12	3	27.08.2012	8	15	1	4	27	44	73	2,35	89	3	3	5				
M	12	4	25.09.2012	4	22	3	6	27	55	73	2,69	90	3	2	5				

Anlage 6: Ergebnis des H-Tests nach Kruskal-Wallis

	Deckung Senecio aquaticus [%]	Artenzahl	Deckung Gräser [%]	Shannon- Weaver
asymptotische Signifikanz	0,003 **	0,024*	0,017*	0,002 **

Signifikanzniveaus:

Irrtumswahr- scheinlichkeit	Bedeutung	Symbol
$P > 0,10$	nicht signifikant	n.s.
$0,10 \geq P > 0,05$	marginal signifikant	m.s.
$0,05 \geq P > 0,01$	signifikant	*
$0,01 \geq P > 0,001$	signifikant	**
$P \leq 0,001$	signifikant	***

Anmerkung: Die Irrtumswahrscheinlichkeit gibt an mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Ablehnung der Nullhypothese („die Teilflächen 1 bis 12 unterscheiden sich nicht“) falsch ist.

Anlage 7: Ergebnis des U-Tests nach Mann-Whitney (Korrelationsmatrices)

1. Deckungsanteil *Senecio aquaticus*

Versuchsfläche	Nr. Teilfläche	Signifikanz	A1	A0	B0	B1	B2	B3	A2	A2Ausstech	A4
			2	3	4	5	6	7	8	9	10
A3	1	Asympt. Sig. (2-seitig)	0,046*	0,500 n.s.	0,043*	0,046*	0,043*	0,369 n.s.	0,507 n.s.	0,076 m.s.	0,046*
		Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]	0,100 m.s.	0,700 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,400 n.s.	0,700 n.s.	0,200 n.s.	0,100 m.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)	0,100 m.s.	0,600 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,500 n.s.	0,600 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.
A1	2	Asympt. Sig. (2-seitig)		0,825 n.s.	0,507 n.s.	0,050*	0,046*	0,658 n.s.	0,184 n.s.	0,083 m.s.	0,513 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]		1,000 n.s.	0,700 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,700 n.s.	0,200 n.s.	0,200 n.s.	0,700 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)		1,000 n.s.	0,600 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,800 n.s.	0,300 n.s.	0,200 n.s.	0,700 n.s.
A0	3	Asympt. Sig. (2-seitig)			0,796 n.s.	0,046*	0,043*	0,825 n.s.	0,121 n.s.	0,076 m.s.	0,825 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]			1,000 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	1,000 n.s.	0,200 n.s.	0,200 n.s.	1,000 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)			1,000 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	1,000 n.s.	0,300 n.s.	0,100 n.s.	1,000 n.s.
B0	4	Asympt. Sig. (2-seitig)				0,046*	0,043*	0,507 n.s.	0,046*	0,076 m.s.	0,507 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]				0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,700 n.s.	0,100 m.s.	0,200 n.s.	0,700 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)				0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,600 n.s.	0,100 m.s.	0,100 n.s.	0,600 n.s.
B1	5	Asympt. Sig. (2-seitig)					0,046*	0,050*	0,050*	0,543 n.s.	0,050*
		Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]					0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,800 n.s.	0,100 m.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)					0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,800 n.s.	0,100 m.s.
B2	6	Asympt. Sig. (2-seitig)						0,046*	0,046*	0,076 m.s.	0,046*
		Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]						0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,200 n.s.	0,100 m.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)						0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,200 n.s.	0,100 m.s.
B3	7	Asympt. Sig. (2-seitig)							0,275 n.s.	0,083 m.s.	0,827 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]							0,400 n.s.	0,200 n.s.	1,000 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)							0,400 n.s.	0,200 n.s.	1,000 n.s.
A2	8	Asympt. Sig. (2-seitig)								0,083 m.s.	0,275 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]								0,200 n.s.	0,400 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)								0,200 n.s.	0,400 n.s.
A2A	9	Asympt. Sig. (2-seitig)								0,083 m.s.	
		Exakte Sig. [2*(1-seitige Sig.)]									0,200 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)									0,200 n.s.

Signifikanzniveaus:

Irrtumswahrscheinlichkeit	Bedeutung	Symbol
$P > 0,10$	nicht signifikant	n.s.
$0,10 \geq P > 0,05$	marginal signifikant	m.s.
$0,05 \geq P > 0,01$	signifikant	*
$0,01 \geq P > 0,001$	signifikant	**
$P \leq 0,001$	signifikant	***

	marginal signifikant
	signifikant

2. Artenzahl

Versuchsfläche	Nr. Teilfläche	Signifikanz	A1	A0	B0	B1	B2	B3	A2	A2Ausstech	A4
			2	3	4	5	6	7	8	9	10
A3	1	Asympt. Sig. (2-seitig)	1,000 n.s.	0,822 n.s.	0,376 n.s.	0,246 n.s.	0,077 m.s.	0,500 n.s.	0,184 n.s.	0,767 n.s.	0,376 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)	1,000 n.s.	1,000 n.s.	0,400 n.s.	0,400 n.s.	0,100 m.s.	0,700 n.s.	0,200 n.s.	0,800 n.s.	0,400 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)	1,000 n.s.	1,000 n.s.	0,500 n.s.	0,400 n.s.	0,200 n.s.	0,800 n.s.	0,300 n.s.	1,000 n.s.	0,500 n.s.
A1	2	Asympt. Sig. (2-seitig)		1,000 n.s.	0,037*	0,034*	0,037*	0,121 n.s.	0,121 n.s.	1,000 n.s.	0,487 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)		1,000 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,200 n.s.	0,200 n.s.	1,000 n.s.	0,700 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)		1,000 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,400 n.s.	0,400 n.s.	1,000 n.s.	0,700 n.s.
A0	3	Asympt. Sig. (2-seitig)			0,077 m.s.	0,246 n.s.	0,077 m.s.	0,500 n.s.	0,184 n.s.	1,000 n.s.	0,275 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)			0,100 m.s.	0,400 n.s.	0,100 m.s.	0,700 n.s.	0,200 n.s.	1,000 n.s.	0,400 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)			0,200 n.s.	0,400 n.s.	0,200 n.s.	0,800 n.s.	0,300 n.s.	1,000 n.s.	0,400 n.s.
B0	4	Asympt. Sig. (2-seitig)				0,046*	0,050*	0,050*	0,050*	0,139 n.s.	0,658 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)				0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,200 n.s.	0,700 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)				0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,300 n.s.	0,800 n.s.
B1	5	Asympt. Sig. (2-seitig)					0,105 n.s.	0,346 n.s.	0,507 n.s.	0,519 n.s.	0,072 m.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)					0,200 n.s.	0,400 n.s.	0,700 n.s.	0,800 n.s.	0,100 m.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)					0,300 n.s.	0,700 n.s.	0,600 n.s.	0,700 n.s.	0,200 m.s.
B2	6	Asympt. Sig. (2-seitig)						0,077 m.s.	0,513 n.s.	0,139 n.s.	0,050*
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)						0,100 m.s.	0,700 n.s.	0,200 n.s.	0,100 m.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)						0,200 n.s.	0,700 n.s.	0,300 n.s.	0,100 m.s.
B3	7	Asympt. Sig. (2-seitig)							0,376 n.s.	0,767 n.s.	0,184 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)							0,400 n.s.	0,800 n.s.	0,200 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)							0,500 n.s.	1,000 n.s.	0,300 n.s.
A2	8	Asympt. Sig. (2-seitig)								0,248 n.s.	0,127 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)								0,400 n.s.	0,200 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)								0,400 n.s.	0,200 n.s.
A2A	9	Asympt. Sig. (2-seitig)									0,248 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)									0,400 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)									0,400 n.s.

3. Shannon-Weaver-Index (abgewandelt)

Versuchsfläche	Nr. Teilfläche	Signifikanz	A1	A0	B0	B1	B2	B3	A2	A2Ausstech	A4
			2	3	4	5	6	7	8	9	10
A3	1	Asympt. Sig. (2-seitig)	0,127 n.s.	0,127 n.s.	0,050*	0,275 n.s.	0,050*	0,827 n.s.	0,827 n.s.	1,000 n.s.	0,050*
		Exakte Sig. [2*(1-seitige	0,200 n.s.	0,200 n.s.	0,100 m.s.	0,400 n.s.	0,100 m.s.	1,000 n.s.	1,000 n.s.	1,000 n.s.	0,100 m.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)	0,200 n.s.	0,200 n.s.	0,100 m.s.	0,400 n.s.	0,100 m.s.	1,000 n.s.	1,000 n.s.	1,000 n.s.	0,100 m.s.
A1	2	Asympt. Sig. (2-seitig)		0,513 n.s.	0,127 n.s.	0,050*	0,050*	0,050*	0,050*	0,248 n.s.	0,050*
		Exakte Sig. [2*(1-seitige		0,700 n.s.	0,200 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,400 n.s.	0,100 m.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)		0,700 n.s.	0,200 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,400 n.s.	0,100 m.s.
A0	3	Asympt. Sig. (2-seitig)			0,050*	0,050*	0,050*	0,050*	0,127 n.s.	0,248 n.s.	0,050*
		Exakte Sig. [2*(1-seitige			0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,200 n.s.	0,400 n.s.	0,100 m.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)			0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,200 n.s.	0,400 n.s.	0,100 m.s.
B0	4	Asympt. Sig. (2-seitig)				0,050*	0,050*	0,050*	0,050*	0,083 m.s.	0,275 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige				0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,200 n.s.	0,400 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)				0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,200 n.s.	0,400 n.s.
B1	5	Asympt. Sig. (2-seitig)					0,275 n.s.	0,275 n.s.	0,513 n.s.	0,248 n.s.	0,050*
		Exakte Sig. [2*(1-seitige					0,400 n.s.	0,400 n.s.	0,700 n.s.	0,400 n.s.	0,100 m.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)					0,400 n.s.	0,400 n.s.	0,700 n.s.	0,400 n.s.	0,100 m.s.
B2	6	Asympt. Sig. (2-seitig)						0,050*	0,050*	0,083 m.s.	0,050*
		Exakte Sig. [2*(1-seitige						0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,200 n.s.	0,100 m.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)						0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,200 n.s.	0,100 m.s.
B3	7	Asympt. Sig. (2-seitig)							0,827 n.s.	0,564 n.s.	0,050*
		Exakte Sig. [2*(1-seitige							1,000 n.s.	0,800 n.s.	0,100 m.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)							1,000 n.s.	0,800 n.s.	0,100 m.s.
A2	8	Asympt. Sig. (2-seitig)								0,248 n.s.	0,050*
		[2*(1-seitige Sig.)]								0,400 n.s.	0,100 m.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)								0,400 n.s.	0,100 m.s.
A2A	9	Asympt. Sig. (2-seitig)									0,083 m.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige									0,200 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)									0,200 n.s.

4. Deckungsanteil Gräser

Versuchsfläche	Nr. Teilfläche	Signifikanz	A1	A0	B0	B1	B2	B3	A2	A2Ausstech	A4
			2	3	4	5	6	7	8	9	10
A3	1	Asympt. Sig. (2-seitig)	0,513 n.s.	0,275 n.s.	0,184 n.s.	0,050*	0,050*	0,513 n.s.	0,513 n.s.	0,248 n.s.	0,658 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)	0,700 n.s.	0,400 n.s.	0,200 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,700 n.s.	0,700 n.s.	0,400 n.s.	0,700 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)	0,700 n.s.	0,400 n.s.	0,300 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,700 n.s.	0,700 n.s.	0,400 n.s.	0,800 n.s.
A1	2	Asympt. Sig. (2-seitig)		0,513 n.s.	0,376 n.s.	0,050*	0,050*	0,827 n.s.	0,275 n.s.	0,374 n.s.	0,127 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)		0,700 n.s.	0,400 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	1,000 n.s.	0,400 n.s.	0,400 n.s.	0,200 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)		0,700 n.s.	0,500 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	1,000 n.s.	0,400 n.s.	0,500 n.s.	0,200 n.s.
A0	3	Asympt. Sig. (2-seitig)			0,513 n.s.	0,050*	0,050*	0,827 n.s.	0,127 n.s.	0,564 n.s.	0,127 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)			0,700 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	1,000 n.s.	0,200 n.s.	0,800 n.s.	0,200 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)			0,700 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	1,000 n.s.	0,200 n.s.	0,800 n.s.	0,200 n.s.
B0	4	Asympt. Sig. (2-seitig)				0,050*	0,050*	0,827 n.s.	0,127 n.s.	0,767 n.s.	0,050*
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)				0,100 m.s.	0,100 m.s.	1,000 n.s.	0,200 n.s.	0,800 n.s.	0,100 m.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)				0,100 m.s.	0,100 m.s.	1,000 n.s.	0,200 n.s.	1,000 n.s.	0,100 m.s.
B1	5	Asympt. Sig. (2-seitig)					0,127 n.s.	0,050*	0,050*	0,083 m.s.	0,050*
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)					0,200 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,200 n.s.	0,100 m.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)					0,200 n.s.	0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,200 n.s.	0,100 m.s.
B2	6	Asympt. Sig. (2-seitig)						0,050*	0,050*	0,083 m.s.	0,050*
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)						0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,200 n.s.	0,100 m.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)						0,100 m.s.	0,100 m.s.	0,200 n.s.	0,100 m.s.
B3	7	Asympt. Sig. (2-seitig)							0,127 n.s.	0,564 n.s.	0,127 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)							0,200 n.s.	0,800 n.s.	0,200 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)							0,200 n.s.	0,800 n.s.	0,200 n.s.
A2	8	Asympt. Sig. (2-seitig)								0,248 n.s.	0,658 n.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)								0,400 n.s.	0,700 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)								0,400 n.s.	0,800 n.s.
A2A	9	Asympt. Sig. (2-seitig)									0,083 m.s.
		Exakte Sig. [2*(1-seitige)									0,200 n.s.
		Exakte Sig. (2-seitig)									0,200 n.s.