

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades Diplomingenieurin (Dipl. Ing.)
Studienfach: Agrarbiologie

ÖKOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR AUSBREITUNG UND ZUM MANAGEMENT DES INVASIVEN NEOPHYTEN *SOLIDAGO GIGANTEA* AN AUSGEWÄHLTEN STANDORTEN IM RENATURIERUNGSGEBIET LIFE+ TRAISEN

eingereicht von:
CLAUDIA BATTISTI
Matrikelnummer: 0841069

Betreut von: Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Diplom Geograph Karl-Georg Bernhardt

Institut für Botanik, Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung an der Universität für Bodenkultur, Wien

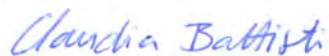
Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere eidesstattlich, dass die vorliegende Arbeit mit dem Titel

ÖKOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR AUSBREITUNG UND ZUM MANAGEMENT DES
INVASIVEN NEOPHYTEN *SOLIDAGO GIGANTEA* AN AUSGEWÄHLTEN STANDORTEN IM
RENATURIERUNGSGEBIET LIFE+ TRAISEN

von mir selbstständig, ohne Hilfe Dritter und ausschließlich unter Verwendung der angegebenen Quellen angefertigt wurde. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form, auch nicht in Teilen, keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Wien, den 15.04.2014



Claudia Battisti

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei einigen Personen bedanken, die maßgeblich an der Entstehung dieser Masterarbeit mitgewirkt und die mich während meines Studiums unterstützt haben. Ich bedanke mich bei Professor Karl-Georg Bernhardt für die Betreuung und Unterstützung während meiner Masterarbeit und für die Zeit, die er sich genommen hat, um Fragen und Unklarheiten zu beseitigen.

Ein besonders großes Dankeschön gilt auch Katharina Lapin für die tatkräftige Unterstützung und Begleitung während der Versuche, für das Bestimmen vieler Pflanzen, für die Organisation und Koordination während der Masterarbeit. Auch möchte ich in diesem Zusammenhang Max Kastner für unser gegenseitiges Helfen während unserer Masterarbeiten danken.

Ein riesengroßes Dankeschön gilt auch meinen Eltern, Gertraud und Hermann, nicht nur für die finanzielle Unterstützung während des Studiums, sondern auch dafür, dass sie mich auf meinem Weg begleitet haben und mir stets mit Rat und Tat zur Seite standen. An dieser Stelle gilt auch meinen vier Geschwistern, Alexandra, Valentin, Katharina und Dominik ein großer Dank. Ich möchte mich bei meinem Neffen Simon, meinen Tanten und generell bei meiner gesamten Familie dafür bedanken, dass durch sie das "Heimkommen" während der Ferien noch erfreulicher wurde.

Ich danke auch all meinen FreundInnen und StudienkollegInnen für die moralische Unterstützung während des Studiums, für die Zeit in Wien, für die lustigen und unterhaltsamen Tage und Abende, für die Unterstützung vor Prüfungen und die Ermutigung während des Studiums.

Zu guter Letzt möchte ich meinem Freund Joachim einen großen Dank aussprechen, für seine Zuverlässigkeit, für sein Mithelfen während der Masterarbeit, dass er stets ein offenes Ohr für mich hatte und dass er einfach da war.

Auch all denen, die hier nicht namentlich genannt wurden, gilt mein herzlicher Dank.

Zusammenfassung

Invasive Neophyten sind gebietsfremde Pflanzenarten, die in ihrer neuen Heimat heimische Pflanzen verdrängen und eine Veränderung der Biodiversität mit sich führen. Neben vielen anderen Neophyten tritt auch die Art *Solidago gigantea* als Problempflanze auf.

Im Zuge des Projektes Life+ „Lebensraum im Mündungsabschnitt des Flusses Traisen“ soll ein neues dynamisches Flussbett geschaffen werden, welches in direktem Kontakt mit dem umliegenden Auwald steht, es sollen Überschwemmungszonen entstehen und zahlreiche Augewässer mit dem Fluss verbunden werden. Durch diese Maßnahmen werden die autotypischen Lebensräume erweitert, welche sich besonders positiv auf Tier- und Pflanzengesellschaften auswirken. Im Rahmen des Projektes Life+ wurde das Vorkommen von *Solidago gigantea* im Gebiet der Tullnerfelder Donauauen untersucht. Diese Vorkommen sind nun auch von den Baumaßnahmen der Revitalisierung der Traisen im Zuge des Projektes Life+ „Lebensraum im Mündungsabschnitt des Flusses Traisen“ betroffen.

Um zu prüfen inwieweit das Vorkommen von *Solidago gigantea* gehemmt werden kann bzw. wie das erneute Auftreten nach den Revitalisierungsmaßnahmen vermieden werden kann, wurden Standorte, die einen hohen Deckungsgrad an *Solidago gigantea* aufwiesen, mittels Mahdregimen bearbeitet. Neben diesen Managementmaßnahmen wurden auch Erhebungen zur Deckung von *Solidago gigantea* und dessen Begleitflora durchgeführt und Bodenproben entnommen, um das Potential der Samenbank zu überprüfen. Die Untersuchungen zeigten, dass das Mahdregime „Frühe Mahd mit Entfernen des Mähgutes“ *Solidago gigantea* am effektivsten zurückdrängt. Das Mahdregime „Fräsen“ weist nach der Bearbeitung hingegen den heterogensten Bestand auf und machte den größten Wandel, auf die Diversität bezogen, durch. Die gewonnenen Daten dienen als Empfehlungen für aktive Neophytenmonitoring-Maßnahmen, um das Vorkommen von *Solidago gigantea* zu mindern. Dabei gilt es die heimische Biodiversität und Lebensräume zu bewahren und einen kritischen Umgang mit *Solidago gigantea* anzustreben.

Abstract

Invasive neophytes are alien plant species that displace native species and cause changes in biodiversity. *Solidago gigantea* is one of the problem plants, next to many other neophytes. One of the objectives of the project *Life+Lebensraum im Mündungsabschnitt des Flusses Traisen* (Life+“Habitat in the estuary of the Traisen river”), is to create a new dynamic riverbed in direct contact to the riparian ecosystem of the river Traisen, establish floodplains as well as connecting water bodies in the wetlands with the riverine ecosystem. By imposing these treatments, the typical habitat of the bodies in the wetlands is extended which has a particularly positive effect on animal and plant communities. Within the project Life+, the occurrence of *Solidago gigantea* in the Natura 2000 area Tullnerfelder Donauauen was analysed. The occurrence is affected by the construction treatments for environmental restoration of the river Traisen within the project Life+Lebensraum im Mündungsabschnitt des Flusses Traisen.

To examine to what extent the occurrence of *Solidago gigantea* can be inhibited and how, once the construction treatments for environmental restoration are concluded, a renewed occurrence can be prevented, sites infested by *Solidago gigantea* were processed through different types of mowing. In addition to these managing measures, an evaluation on the plant cover of *Solidago gigantea* and its accompanying flora was conducted and soil samples were taken to examine the potential of the seed bank.

The study shows that “early mowing in July and removing the cuttings” is the most effective way to fight *Solidago gigantea*. “Milling” leads to the most heterogeneous vegetation and greatest change in diversity. The data collected is a recommendation for active monitoring to control neophytes in order to reduce the occurrence of *Solidago gigantea*. While implementing these measures, it is crucial to preserve the native biodiversity and habitats as well as adopting a critical approach to *Solidago gigantea*.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	3
2. Untersuchungsgebiet und Projekt Life+ Traisen.....	5
3. Artenbeschreibung <i>Solidago gigantea</i>	7
3.1 Name und Beschreibung	7
3.2 Herkunft und Verbreitung.....	7
3.3 Pflanzengesellschaft.....	8
3.4 Das Erfolgskonzept von <i>Solidago gigantea</i>	8
3.5 Problematik von <i>Solidago gigantea</i>.....	10
4. Material und Methoden.....	11
4.1 Managementmaßnahmen	11
4.2 Standortauswahl und Versuchsflächen.....	13
4.3 Bestandsaufnahme nach Braun-Blanquet	16
4.4 Phänologische Untersuchungen	17
4.5 Hochwasser.....	19
4.6 Diasporenbank Untersuchung.....	20
4.7 Datenauswertung	22
5. Ergebnisse	23
5.1 Auswirkung von <i>Solidago gigantea</i> auf die Pflanzengesellschaft.....	23
5.1.1 <i>Abundanz des Neophyten über die Gesamtfläche</i>	<i>23</i>
5.2 Einfluss der Mahdregime auf die Entwicklung der Pflanzengesellschaft ..	26
5.2.1 <i>Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes</i>	<i>26</i>
5.2.2 <i>Fräsen.....</i>	<i>28</i>
5.2.3 <i>Frühe Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes.....</i>	<i>30</i>
5.2.4 <i>Frühe Mahd mit Entfernen des Mähgutes</i>	<i>31</i>
5.2.5 <i>Späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes.....</i>	<i>32</i>
5.2.6 <i>Späte Mahd mit Entfernen des Mähgutes</i>	<i>33</i>
5.3 Vergleich der Mahdregime.....	34
5.3.1 <i>Vergleich „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ zwischen S1 und S2.....</i>	<i>34</i>
5.3.2 <i>Vergleich „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ mit „Fräsen“</i>	<i>35</i>
5.3.3 <i>Vergleich „Frühe Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ mit „Frühe Mahd mit Entfernen des Mähgutes“</i>	<i>36</i>
5.3.4 <i>Vergleich aller Mahdregime auf Standort Wald.....</i>	<i>37</i>

5.4 Phänologische Untersuchung	38
5.4.1 <i>Vegetative Entwicklung</i>	38
5.4.2 <i>Generative Entwicklung</i>	39
5.5 Vergleich zwischen vegetativer und generativer Entwicklung	40
5.6 Einfluss der Mahdregime auf die phänologische Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i>	42
5.6.1 <i>Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes</i>	42
5.6.2 <i>Fräsen</i>	44
5.6.3 <i>Frühe Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes</i>	45
5.6.4 <i>Frühe Mahd mit Entfernen des Mähgutes</i>	46
5.6.5 <i>Späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes</i>	47
5.6.6 <i>Späte Mahd mit Entfernen des Mähgutes</i>	48
5.7 Vergleich der phänologischen Entwicklung 2013 mit der Entwicklung 2012	49
5.7.1 <i>Verlauf der vegetativen Entwicklung 2012 und 2013</i>	50
5.7.2 <i>Verlauf der generativen Entwicklung 2012 und 2013</i>	51
5.8 Diasporenbankuntersuchung	52
5.9 Hochwasser 2013	54
6. Diskussion	56
6.1 Einfluss der Mahdregime auf die Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> und dessen Begleitflora	57
6.2 Phänologische Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i>	60
6.2.1 <i>Phänologische Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> im Vergleich zu 2012</i>	60
6.3 Hochwasser HW100	61
6.4 Diasporenbankuntersuchung	61
6.5 Methodenkritik	62
6.6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen	63
7. Fazit	64
8. Quellenverzeichnis	65
9. Abbildungsverzeichnis	68
10. Tabellenverzeichnis	71

1. Einleitung

Neuankömmlinge in der Pflanzenwelt sind nichts Neues. Die meisten Floren enthalten zum heutigen Zeitpunkt eine gewisse Anzahl an gebietsfremden Pflanzenarten, die aber meist zu den Archäophyten zählen, da diese Arten vor 1500 eingeführt wurden. Die Entdeckung Amerikas im Jahr 1492 legt hierbei den entscheidenden Wendepunkt fest (Gigon und Weber 2005).

„Ich kann nicht leugnen, dass diese Insel, die ich Isabella getauft habe, Fernandina an Schönheit übertrifft. Es quält mich sehr, dass ich die vielen Kräuter, Sträucher und Pflanzen nicht kenne, die vielleicht für die Erzeugung von Farben, Arzneien und Gewürzen von großem Wert sein mögen. Ich werde von den meisten Proben mit nach Hause nehmen.“

Christopher Columbus, 1492 ; Das Bordbuch. Leben und Fahrten des Entdeckers der neuen Welt.

Die meisten Pflanzenarten konnten durch die Mithilfe des Menschen über ihren ursprünglichen Lebensraum hinaus, weitere Teile der Welt für sich erobern und werden in ihrer neuen Heimat als Neophyten bezeichnet. Neben den absichtlich eingeführten Pflanzenarten, die hauptsächlich als Zierpflanzen Verwendung finden, gelangen viele neue Arten aufgrund des internationalen Handels und Verkehrs in neue Ökosysteme (Stöcklin et al 2002). Nach dem symbolischen Jahr 1492 begann die Zeit des interkontinentalen Handels. Aus der ganzen Welt kamen Neobiota mit Waren und Menschen nach Europa und in die restliche Welt. Diese technischen Neuerungen brachten mit sich, dass bis dahin, von einander isolierte Floren und Faunen vermischt wurden und eine Änderung der Biodiversität hervorriefen (Kinzelbach 2001).

Neben vielen anderen Neophyten tritt auch die Art *Solidago gigantea* als Problempflanze auf. Sie wurde 1758 aus Nordamerika nach Großbritannien als Zierpflanzen eingeführt. Von dort aus begann ihr Siegeszug, der unter anderem auch aufgrund der Ausbringung der Pflanze durch Imker – bei denen die Goldrute als guter Nektar - und Pollenspender galt – unterstützt wurde (Hartmann und Konold 1995).

Ein sehenswerter Bestand an *Solidago gigantea* hat sich auch in den Tullnerfelder Donauauen in Niederösterreich entlang der Flussufer der Traisen entwickelt (Schmalfuß 2010). Aus naturschutzfachlicher Sicht ist das Auftreten von Neophyten in Auwäldern als problematisch einzustufen (Essl und Rabitsch 2004). Diese Vorkommen sind nun auch von den Baumaßnahmen der Revitalisierung der Traisen betroffen. Im Zuge des *Projektes Life+ „Lebensraum im Mündungsabschnitt des Flusses Traisen“* soll die Traisen mit den umliegenden Gewässern des Augebietes verbunden und dadurch ökologisch wesentlich verbessert werden. Es soll ein neues dynamisches Flussbett geschaffen werden, welches in einem engen Austausch mit dem umliegenden Auwald steht. Dabei sollen neue Lebensräume entstehen (Schmalfuß, 2010).

Damit die Ziele des Revitalisierungsprozesses nicht durch invasive Arten gestört bzw. nicht erreicht werden können, werden Bekämpfungsmaßnahmen, die zum Management der invasiven Arten, in diesem Fall *Solidago gigantea*, beitragen können, untersucht.

Dadurch ergeben sich folgende Fragstellungen:

- *Wie kann das Massenaufkommen von Solidago gigantea mit Hilfe verschiedener Mahdregime bekämpft werden?*
- *Welche Auswirkungen hat das Vorkommen von Solidago gigantea auf die Pflanzengesellschaft bzw. wie verändert sich diese durch die verschiedenen Mahdregime?*
- *Welchen Einfluss haben die Bekämpfungsmaßnahmen auf die phänologische Entwicklung?*
- *Bestehen Unterschiede zwischen den Daten aus 2012 und 2013?*
- *Was sagt das Samenvorkommen in der Diasporenbank aus?*

2. Untersuchungsgebiet und Projekt Life+ Traisen

Die Tullnerfeldner Donauauen befinden sich zwischen Krems und Wien, vorwiegend am nördlichen Donauufer und im kleineren Ausmaß am südlichen Ufer und erstrecken sich über eine Fläche von 17.586 ha. Als größtes zusammenhängendes Augebiet kommt der Tullnerfeldner Donauau auch aus naturschutzfachlicher Sicht große Bedeutung zu. Denn durch die Kraftwerke Altenwörth und Greifenstein wird die Donau abgetrennt und kann so kaum als Hochwasser in das umliegende Augebiet eintreten (Haberreiter 2003).

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Mündungsgebiet der Traisen, welches sich in der Gemeinde Zwentendorf befindet (Haberreiter 2003).



Abbildung 1: Standort der Versuchsflächen im Zuge dieser Arbeit. (S1: Uferstandort, S2: Standort im Wald) (Google Earth 2014).

In den Jahren 1973/74 wurde durch die Errichtung des Donaukraftwerkes Altenwörth die Traismündung verlegt, so fließt die Traisen heute 7,5 km als geradliniger, regulierter Fluss. Dies brachte einen massiven Eingriff in das Tullnerfeldner Ökosystem mit sich. Es kam zu einer Verlandung der Augewässer und somit zu einem ungeeigneten Lebensraum für Tier- und Pflanzenarten (Schmalfuß 2010).

Durch das Life+ Projekt soll nun wieder ein naturnahes Gewässersystem geschaffen werden, welches sich über eine Länge von 12 km erstreckt und das zu einer Verbesserung des Natura 2000 Gebietes führt. Das Projektgebiet - das in den Gemeinden Traismauer, Zwentendorf und Kirchberg/Wagram liegt - umfasst den Bereich der Traisen zwischen der Kläranlage Traismauer und der Mündung des Donaukraftwerkes Altenwörth. Es soll ein neues Flussbett

geschaffen werden, welches in direktem Kontakt mit dem umliegenden Auwald steht, es sollen Überschwemmungszonen entstehen und Augewässer mit dem Fluss verbunden werden. Durch diese Maßnahmen werden die auentypischen Lebensräume um 62 ha erweitert, das sich besonders positiv auf Tier- und Pflanzengesellschaften auswirkt, die auf eine weiche Au angewiesen sind. So soll auch für jeden Lebensraumtyp ausreichend und geeigneter Raum geschaffen werden bzw. erhalten bleiben (Schmalfuß 2010). Der „neue“ Traisenabschnitt soll einem historischen Donauarm nachempfunden sein und somit der früheren noch unverbauten Donauau ähnlich sein (Schmalfuß, 2010).



Abbildung 2: Visionäres Bild der neuen Traisen im Vergleich zu dem regulierten Abschnitt (Verbund AG, 2014)

3. Artenbeschreibung *Solidago gigantea*

3.1 Name und Beschreibung



***Solidago gigantea*:** Riesengoldrute

Höhe: 50-250 cm

Wurzelstock: walzlich, Ausläufer treiben

Stengel: aufrecht, rundlich, grüngelblich, nur oben verzweigt und im Gegensatz zu *Solidago canadensis* nicht behaart

Blätter: sitzend, lanzettlich, 8-10 cm lang und 1-1,5 cm breit

Blütenstand: viele kleine, goldgelbe Köpfchen in Trauben, die am oberen Ende des Stengels eine Rispe bilden, die die Form einer Pyramide darstellt

Blütezeit: August - Oktober

Frucht: die Achäne ist etwa 1 mm lang mit Pappus, der etwa 1,5 – 2mm lang ist (Hartmann et al.1995)

Abbildung 3: Herbarbeleg *Solidago gigantea* (Bernhardt 2012)

3.2 Herkunft und Verbreitung

Solidago gigantea stammt ursprünglich aus Nordamerika und ist auch in Kanada vom südlichen Britisch-Kolumbien bis Quebec und Neufundland verbreitet, fehlt aber im Südwesten der USA (Kalifornien, Nevada, Arizona). Die Riesengoldrute wurde 1758 als Zierpflanze nach Großbritannien eingeführt, wobei die Ausbreitung zunächst langsam erfolgte (Hartmann et al. 1995). Ende des 19. Jahrhunderts jedoch kam es zu einem raschen Anstieg der Pflanze von etwa 910km²/Jahr (Weber und Jakobs 2004), das unter anderem auch durch Imker bedingt geschah, da Goldrutenarten als sehr gute Pollenspender gelten (Hartmann et al. 1995). *Solidago gigantea* ist heute sehr stark über Zentraleuropa verbreitet, weniger dominant jedoch in Skandinavien, Nord- und Ostdeutschland und dem östlichen Teil Polens. Auch in Japan, Hawaii, Russland, Neuseeland und Australien ist *Solidago gigantea* mittlerweile schon eingebürgert (Weber und Jakonbs 2004). Da *Solidago gigantea* einen hohen Grad an Verwilderung aufweist, wird sie kaum mehr zur Kultur empfohlen. So kommt *Solidago gigantea* vorwiegend auf Ruderalstandorten, landwirtschaftlichen Brachflächen,

Auwäldern und Ufern vor. Besonders auf brachliegenden Ackerflächen können bereits innerhalb weniger Jahre Reinbestände entstehen. *Solidago gigantea* wächst bevorzugt auf feuchten Böden und bildet einen sehr dichten Bewuchs, welcher das Aufkommen anderer Arten erschwert und zu einer regelrechten Artenarmut führt. Dabei kann sogar das Aufkommen von Gehölzen verhindert werden (Hartmann et al. 1995).

3.3 Pflanzengesellschaft

Solidago gigantea, die eine breite ökologische Amplitude aufweist, kann aufgrund dieser, eine Reihe verschiedenster Standorte besiedeln. *Solidago gigantea* muss daher „der Klasse *Artemisietea vulgaris* zugerechnet werden, die die nitrophytischen Uferstauden- und Saumgesellschaften sowie die ruderalen Beifuß- und Distelgesellschaften vereinigt“ zugewiesen werden (Hartmann et al. 1995).

In dem Auegebiet zwischen Altmansdorf und Traismauer ist *Solidago gigantea* über das gesamte Gebiet verbreitet und kommt als *Solidago gigantea*-Gesellschaft (Impatienti-Solidaginetum Moor 1958 Fazies mit *Solidago gigantea*) vor (Drescher und Egger 2000).

Dabei treten als typische Arten, neben der Riesengoldrute und den Artemisietea-Arten Rainfarn (*Tanacetum vulgare*), folgende auf: Gemeiner Beifuß (*Artemisia vulgaris*) und Wilde Möhre (*Daucus carota*), Kratzbeere (*Rubus caesius*), Gundermann (*Glechoma hederacea*) und Gewöhnliche Brennessel (*Urtica dioica*) (Drescher und Egger 2000).

3.4 Das Erfolgskonzept von *Solidago gigantea*

Als Hauptargument für die Konkurrenzfähigkeit von *Solidago gigantea* gilt, dass diese Pflanze eine Doppelstrategie bei der Ausbreitung verfolgt. So kann sie sich vegetativ als auch generativ vermehren. Auf dem generativen Weg produziert die Riesengoldrute eine hohe Anzahl an flugfähigen, mit Pappus ausgestatteten, Samen, die pro Stängel eine Anzahl von bis zu 19000 Samen erreichen können. Die Samen werden dann durch Wind (Anemochorie) verbreitet und keimen bevorzugt auf vegetationsfreien Flächen. Die Samenbankbildung wird jedoch als eher gering eingeschätzt, dafür verharren die Achänen oft bis zum nächsten Frühjahr auf den Fruchtständen. Ab dem dritten Besiedelungsjahr eines Bestandes findet jedoch kaum noch eine generative Vermehrung statt, da die vegetative Vermehrung mehr Vorteile aufweist (Hartmann et al. 1995; Weber und Jakobs 2004).

Der Konkurrenzserfolg ist deshalb vorwiegend auf die ungeschlechtliche Vermehrung zurückzuführen, durch Neuaustrieb unterirdischer Rhizome. So können innerhalb einiger Jahre dichte Klone von vegetativ erzeugten Sprossen heranwachsen (Hartmann et al. 1995). Bereits innerhalb von vier Wochen nach der Keimung werden Rhizomknospen angelegt

(Weber und Jakobs 2004). Abgesehen von der vegetativen Reproduktion sind Rhizome Speicherorgane für Wasser, Nährstoffe und Assimilate (Hartmann et al. 1995; Weber und Jakobs 2004). Im ersten Entwicklungsjahr wird die meiste Energie für die Bildung des Wurzelstockes aufgebracht, das zwar einen negativen Einfluss auf die Blüte hat, die vegetative Vermehrung jedoch sichert. Vegetativ gebildete Sprossen stehen jahrelang in Verbindung, das einen Austausch von Nährstoffen zwischen den Klonen zur Folge hat (Hartmann et al. 1995).



Abbildung 4: Links: Austrieb nach Mahd im Juni, rechts: Austrieb aus Rhizomen.

3.5 Problematik von *Solidago gigantea*

Von den etwa 12000 Gefäßpflanzen, die seit dem Eckpunkt 1492 nach Europa eingeschleppt wurden, konnten sich nur etwa 417 Arten, also 3,5% dauerhaft etablieren, so wie *Solidago gigantea* (Haber 2001).

Zu den 17 Neophyten, die in Österreich als invasiv gelten, zählt auch *Solidago gigantea*. So kann *Solidago gigantea* als Forstunkraut Probleme auslösen. Die Verjüngung von Gehölzen kann durch die hohe Konkurrenzfähigkeit verhindert werden, denn die Sukzessionsgeschwindigkeit von Hochstaubenfluren zu Gehölzen stark verlangsamt wird (Essl und Rabitsch 2002).

Ein entscheidender Vorteil von invasiven Neophyten ist der hohe Grad der Anpassung an neue Umweltbedingungen. Wahrscheinlich sind Arten, die eine hohe additive genetische Variation aufzeigen, besonders begünstigt darin, sich erfolgreich zu etablieren, weil sie ein hohes Evolutionspotential haben, besonders in jenen Bereichen, die im neuen Verbreitungsgebiet von Bedeutung sind. Eine derart schnelle Anpassung an neue Verhältnisse ist auch bei *Solidago gigantea* bekannt. Diese *Solidago*-Art zeigt in Europa eine starke genetische Variation, vor allem in Morphologie und Phänologie, gegenüber ihrem Heimatland Nordamerika auf. So gibt es sicherlich auch bei den *Solidago*-Arten in Nordamerika einen gewissen Grad an Anpassungsvermögen, die genetische Differenzierung, der in Europa etablierten Art, fand jedoch mit ziemlicher Sicherheit erst nach der Einfuhr von *Solidago gigantea* im 18. Jahrhundert statt (Auge et al 2001).

„The species is generally described as having a broad tolerance with respect to soil moisture, light, nutrient contents, temperature, continentality or pH-range“ (Weber und Jakobs 2004).

Diese hohe Toleranz gestattet es *Solidago gigantea* sich weit zu verbreiten und durch die starke Licht- und Wurzelkonkurrenz andere Arten zu vertreiben. Durch die große vegetative Regenerationsfähigkeit kann schnell auf Störungen (durch erneutes Austreiben) reagiert werden. Da die Rameten eine Klone miteinander verbunden sind, erhöht dies auch die Konkurrenzfähigkeit und ungünstige Umweltbedingungen können durch den Austausch von Nährstoffen und Assimilate kompensiert werden (Hartmann et al. 1995).

Entscheidend ist hierbei auch das so genannte „Schlüssel-Schloss-Prinzip“. Dabei kommt es stark darauf an, wie die individuellen Eigenschaften einer Art zu den Eigenschaften des „neuen“ Ökosystems passen. Es gibt demnach keine allgemein gültigen Eigenschaften, die mit Sicherheit zu einer Etablierung der Art führen. Es kommt einzig und allein darauf an, wie der „Schlüssel“ (Eigenschaften der Art) in das „Schloss“ (Eigenschaften des Ökosystems) passt (Heger und Trepl 2001).

4. Material und Methoden

4.1 Managementmaßnahmen

In erster Linie sollte bei den Managementmaßnahmen die Samenreife von *Solidago gigantea* verhindert werden. Mahd und andere Bekämpfungsmaßnahmen sollten außerdem vor der Blüte bzw. während der Blüte durchgeführt werden (Grabher 2013).

Aufgrund dieser Tatsachen wurde in dem Versuch dieser Arbeit auf zwei verschiedene Managementmaßnahmen Wert gelegt: *Fräsen und Mahd*.

Das Regime *Mahd* wurde zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten mit einer Sense durchgeführt. Zum einen „früh“, dies bedeutet, es wurde vor der Blüte gemäht und zum anderen „spät“, dabei wurde während der Blüte gemäht. Das anfallende Mähgut wurde außerdem einerseits auf den Versuchsflächen „lieengelassen“ und andererseits „entfernt“. Durch das „Liegengelassen“ des Mähgutes sollte ein erneutes Austreiben der geschnittenen Stängel verhindert bzw. gehemmt werden. Als Referenz dazu wurden auch einige Flächen vom Mähgut entfernt. Das entfernte Mähgut wurde abseits der Versuchsflächen abgelegt. Außerdem wurde darauf geachtet, dass *Solidago gigantea* sehr bodennah geschnitten wird. Einige Flächen wurden „früh“ als auch „spät“ gemäht (siehe Tabelle 1)

Die Managementmaßnahme „*Fräsen*“ wurde zu einem noch frühen Zeitpunkt (siehe Tabelle 2) der Vegetationsperiode durchgeführt. Dabei wurden zunächst die betroffenen Flächen gemäht und anschließend mit einer Fräse umgebrochen. Die Bodenfräse erreichte eine Tiefe von ca. 20cm. Bei beiden Managementmaßnahmen wurde auch der Randbereich der Flächen mit bearbeitet. Außerdem wurden die Mahdregime auf zwei verschiedenen Standorten durchgeführt:

- Standort an der Uferböschung (S1)
- Standort im Wald (S2)

Tabelle 1: Verschiedene Mahdregime auf den Standorten Ufer (S1) und Wald (S2)

S1: Standort 1 Uferböschung		
3 Flächen	Frühe und späte Mahd	Mähgut entfernen
3 Flächen	Boden Fräsen	
1 Fläche	Kontrolle	
S2: Standort 2 Wald		
3 Flächen	Frühe Mahd	Mähgut liegenlassen
3 Flächen	Frühe Mahd	Mähgut entfernen
3 Flächen	Späte Mahd	Mähgut liegenlassen
3 Flächen	Späte Mahd	Mähgut entfernen
3 Flächen	Frühe und späte Mahd	Mähgut entfernen
1 Fläche	Kontrolle	
23 Flächen		

Tabelle 2: Zeitpunkt der Durchführung der verschiedenen Mahdregime

Mahdregime	Zeitpunkt
Fräsen	28.05.13
Mahd früh	08.07.13
Mahd spät	11.09.13

4.2 Standortauswahl und Versuchsflächen

Die Standortauswahl für die oben beschriebenen Managementmaßnahmen erfolgte durch eine Besichtigung des Mündungsabschnittes der Traisen am 16.04.13. Aufgrund einer Vegetationskartierung, die im Zuge des Renaturierungsprojektes durchgeführt wurde, wurden die Versuchsflächen ausgewählt. Dabei wurde besonders darauf geachtet, einen typischen Lebensraum und einen hohen Deckungsgrad von *Solidago gigantea* zu berücksichtigen (Lapin 2014). Da *Solidago gigantea* als ufer- und lichtliebende Pflanze gilt und feuchte Lebensräume bevorzugt (Hartmann et al. 1995), bot sich besonders ein Standort am Ufer der Traisen in der Nähe von Zwentendorf an. Dieser erste Standort liegt an einer Uferböschung, die nicht bearbeitet wird, und durch ein bewirtschaftetes Gelände abgegrenzt wird. Im Gegensatz dazu sollte jedoch der zweite Standort liegen, der sich in einem nahegelegenen Waldstück befindet und eher durch Schatten und kühle Umgebung gekennzeichnet ist. Die verschiedenen Mahdregime wurden auf die zwei Standorte aufgeteilt bzw. auf beiden Standorten durchgeführt.

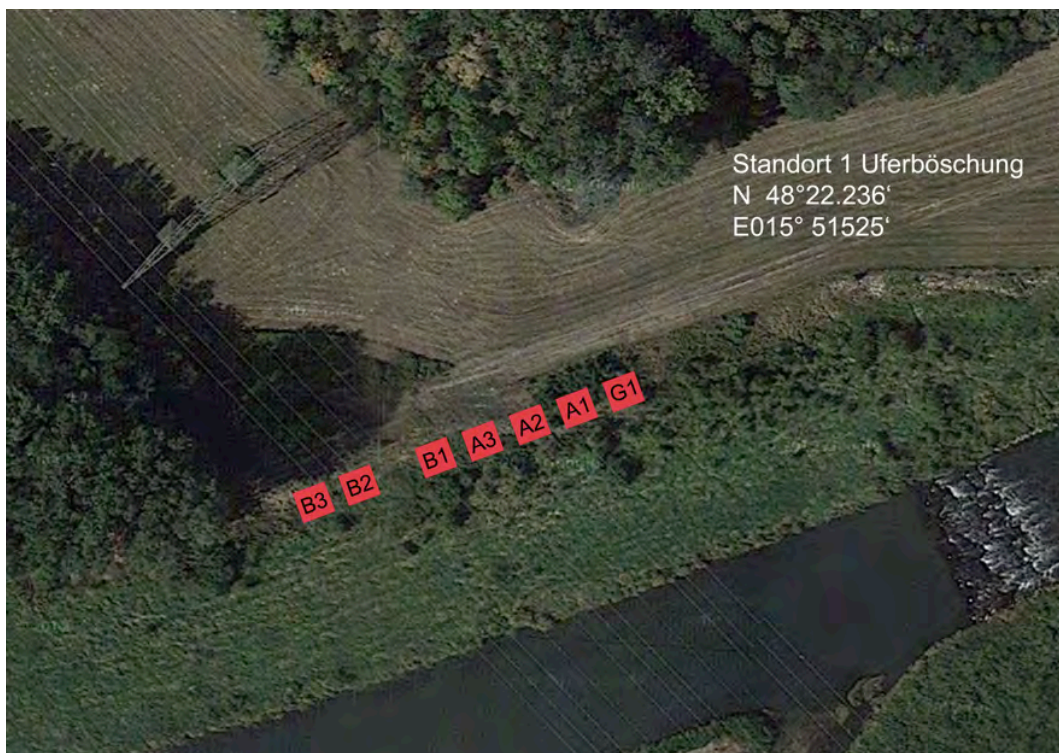


Abbildung 5: Versuchsaufbau von Standort 1 am Ufer



Abbildung 6: Versuchsaufbau von Standort 2 im Wald

Bei den Versuchsf lächen wurde das Prinzip der „Minimum-Areale“ angewandt. Dabei wird für eine ruderal e Vegetation eine Gesamtgröße der Versuchsf lächen von 100 m² empfohlen (Dierschke 1994). Die insgesamt 23 Versuchsf lächen hatten je eine Größe von 2x2m und wurden auch dementsprechend abgesteckt. Zwischen den Fl ächen blieb je 1 Meter Abstand. Die Gesamtgröße der reinen Versuchsf lächen betrug knapp 100 m². Jedes Mahdregime wurde mit einer dreimaligen Wiederholung durchgeföhrt, dabei wurden einige Mahdregime sowohl am Ufer als auch im Wald getestet. Pro Standort wurde außerdem eine Kontrollfl äche angelegt, die als Referenzfl äche für die Entwicklung von *Solidago gigantea* und dessen Pflanzengesellschaft dienen sollte. So wurden insgesamt 6 Fl ächen früh als auch spät gemäht und das Mähgut liegengelassn, 3 Fl ächen wurden gefr äst, 6 Fl ächen wurden nur früh gemäht (auf 3 Fl ächen wurde das Mähgut entfernt und auf 3 Fl ächen wurde es liegengelassen), auf 6 Fl ächen wurde nur spät gemäht (auf 3 Fl ächen wurde das Mähgut entfernt und auf 3 Fl ächen wurde es liegengelassen) und 2 Fl ächen dienten als Kontrollfl äche.

Die genaue Lage der Fl ächen wurde mittels GPS ermittelt (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: GPS – Koordinaten von Standort 1 und 2

Standort 1 am Ufer		Standort 2 im Wald			
G1	N 48° 22.240'	G1	N 48° 22.244'	D2	N 48° 22.247'
	E015° 51.544'		E015° 51.123'		E015° 51.105'
A1	N 48° 22.239'	A1	N 48° 22.242'	D3	N 48° 22.246'
	E015° 51.542'		E015° 51.121'		E015° 51.104'
A2	N 48° 22.238'	A2	N 48° 22.242'	E1	N 48° 22.248'
	E015° 51.540'		E015° 51.119'		E015° 51.105'
A3	N 48° 22.238'	A3	N 48° 22.243'	E2	N 48° 22.248'
	E015° 51.537'		E015° 51.115'		E015° 51.110'
B1	N 48° 22.238'	C1	N 48° 22.243'	E3	N 48° 22.247'
	E015° 51.535'		E015° 51.118'		E015° 51.112'
B2	N 48° 22.237'	C2	N 48° 22.245'	F1	N 48° 22.248'
	E015° 51.529'		E015° 51.116'		E015° 51.115'
B3	N 48° 22.235'	C3	N 48° 22.245'	F2	N 48° 22.247'
	E015° 51.527'		E015° 51.110'		E015° 51.118'
		D1	N 48° 22.245'	F3	N 48° 22.248'
			E015° 51.109'		E015° 51.119'

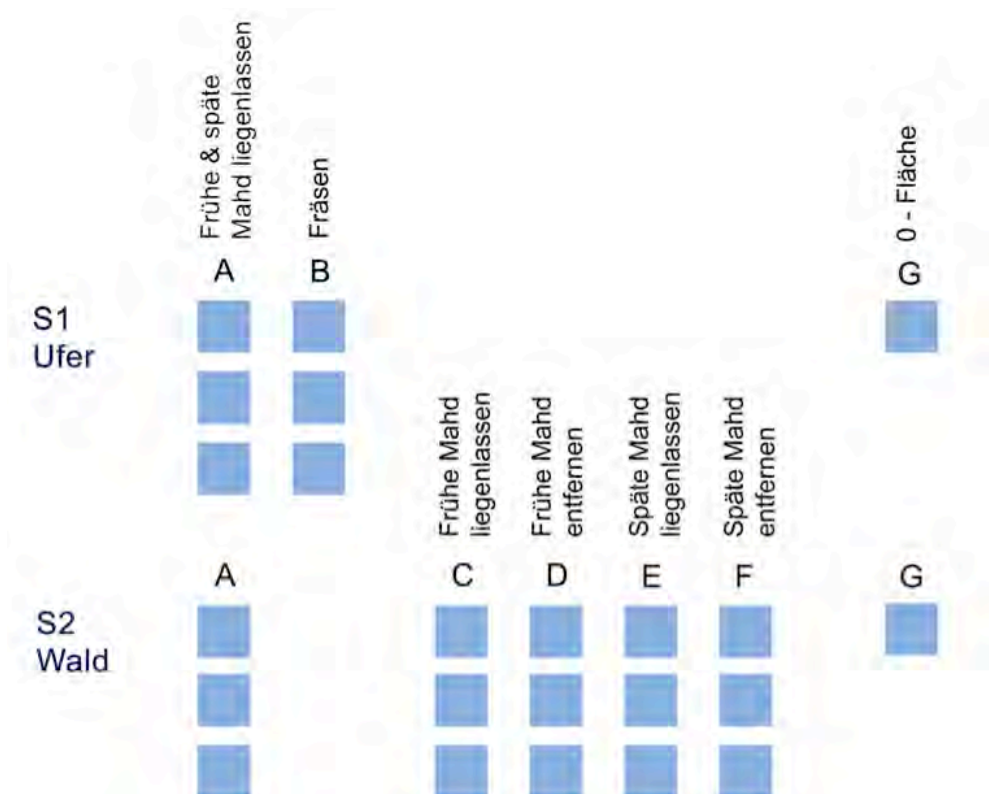


Abbildung 7: Übersicht der verschiedenen Mahdregime, aufgeteilt auf die zwei unterschiedlichen Standorte (Ufer und Wald)

4.3 Bestandsaufnahme nach Braun-Blanquet

Die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft wurde über den Deckungsgrad bestimmt. Dafür wurde die Deckungsgrad-Skala von Braun-Blanquet herangezogen (Dierschke 1994). Bereits seit langem bildet diese Skala die Grundlage für viele pflanzensoziologische Arbeiten, denn sie ist „leicht einpräglich, reproduzierbar und in vielen Fällen hinreichend genau“ (Dierschke 1994). Durch diese Methode wird der Deckungsgrad der verschiedenen Arten der Pflanzengesellschaft prozentual gereiht, daraus ist eine bestimmte Dominanz der Arten abzuschätzen. Da in dieser Arbeit davon ausgegangen wird, dass *Solidago gigantea* eine hohe Abundanz aufweist, spielt die Aufnahme des Deckungsgrades eine große Rolle. Die hohe Dichte zählt nämlich auch zu dem Erfolgskonzept der Riesengoldrute, da sie durch das dichte Wachstum andere Pflanzenarten verdrängen kann und deren Aufkommen gar verhindern kann.

Die Deckung wurde in regelmäßigen Abständen aufgenommen. Insgesamt wurde die Aufnahme sieben Mal wiederholt an den Daten: 09.05.13., 24.05.13., 27.06.13., 08.07.13., 29.08.13., 11.09.13 und 10.10.13.

Die Skala wurde nicht nur auf die zu untersuchende Art *Solidago gigantea* angewandt, sondern auf die gesamte Pflanzengesellschaft, um eine mögliche Abundanz der verschiedenen Arten über die Vegetationsperiode hinweg festzuhalten.

Die Deckungsgrad-Skala ist 7-stufig aufgeteilt. Fünf Stufen der Skala geben einen Prozentsatz an, mit dem die untersuchte Art in der Versuchsparzelle vorkommt. Die zwei weiteren Stufen werden herangezogen um auch eine geringe Anzahl von Organismen, oder gar Einzelvorkommen, aufzunehmen (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Deckungsgrad-Skala nach Braun-Blanquet (Dierschke 1994, modifiziert)

Symbol	Deckung
r	rar, 1-3 Exemplare
+	< 1% Deckung
1	1-5% Deckung
2	5-25% Deckung
3	25-50% Deckung
4	50-75% Deckung
5	75-100% Deckung

4.4 Phänologische Untersuchungen

Für die Untersuchung der phänologischen Entwicklung wurde eine qualitative Methode herangezogen. Dabei werden phänologische Merkmale beobachtet, die möglichst leicht zu erkennen sind und die die verschiedenen Phänostufen kennzeichnen. Die verschiedenen Stufen werden dann einer bestimmten Ziffer zugeordnet (Dierschke 1994).

Mit dem zwölfstufigen Schlüssel nach Dierschke (1994) bestimmt man die vegetative als auch generative Entwicklung (siehe Tabelle 5 und Tabelle 6). Der Schlüssel bezieht sich vorwiegend auf folgende Merkmale: Blattform, Blühen, Fruchtreife, Vergilben und Ruhe (Dierschke 1994).

Die phänologischen Entwicklungsstufen wurden zur selben Zeit wie der Deckungsgrad aufgenommen: 09.05.13, 24.05.13, 27.06.13, 08.07.13, 29.08.13, 11.09.13 und 10.10.13.

Die Aufnahme der phänologischen Entwicklung dient vor allem dazu, den Unterschied zwischen den verschiedenen Mahdregimen sichtbar zu machen. Sprich, wie wird die generative und vegetative Entwicklung durch Bearbeitungsmaßnahmen gehemmt oder verhindert?

Tabelle 5: Vegetative Skala nach Dierschke (1994)

Stufe	Entwicklungsmerkmal
0	ohne neue oberirdische Triebe
1	neue Triebe ohne Blattenfaltung
2	erstes Blatt entfaltet (bis 25% entwickelt)
3	2-3 Blätter entwickelt (bis 50% entwickelt)
4	mehrere Blätter entfaltet (bis zu 75% entwickelt)
5	fast alle Blätter entfaltet
6	voll entwickelt
7	beginnende Vergilbung, Blütenstängel vergilbt
8	Vergilbung bis 50%
9	Vergilbung über 50%
10	oberirdisch abgestorben
11	oberirdisch verschwunden
K	Keimling
J	Jungpflanze
W	überwinternd-grüne Blätter des Vorjahres
*	welkend

Tabelle 6: Generative Skala nach Dierschke (1994)

Stufe	Entwicklungsmerkmal
0	ohne Blütenknospen
1	Blütenknospen erkennbar
2	Blütenknospen stark erkennbar
3	kurz vor der Blüte
4	beginnende Blüte
5	bis 25% erblüht
6	bis 50% erblüht
7	Vollblüte
8	abblühend
9	völlig verblühend
10	fruchtend
11	Ausstreuen der Samen
K	Keimling
J	Jungpflanze
W	überwinternd-grüne Blätter des Vorjahres
*	welkend



Abbildung 8: Zeigt die vegetative und generative Entwicklung von *Solidago gigantea*

4.5 Hochwasser

Im Sommer des Jahres 2013 kam es Anfang Juni zu einem Jahrhundert-Hochwasser (05.06.13). Dabei war (Abbildung 9) der gesamte Mündungsabschnitt der Traisen überflutet und auf Grund dessen auch die Versuchflächen, sowohl am Ufer als auch im Wald. Durch dieses Umweltereignis konnten die Versuchflächen nicht besucht bzw. untersucht werden. Um das Hochwasser jedoch in die Arbeit einfließen zu lassen, wird in der Auswertung versucht einen Zusammenhang zwischen dem Hochwasser und der phänologischen Entwicklung und des Deckungsgrades von *Solidago gigantea* und dessen Pflanzengesellschaft zu finden. Dabei stellt sich die Frage, ob das mehrere Tage anhaltende Hochwasser einen Einfluss auf die Konkurrenzfähigkeit von *Solidago gigantea* hatte. Die Abbildung 9 zeigt die Wasserstandmessungen der Donau zum Zeitpunkt des HW100.

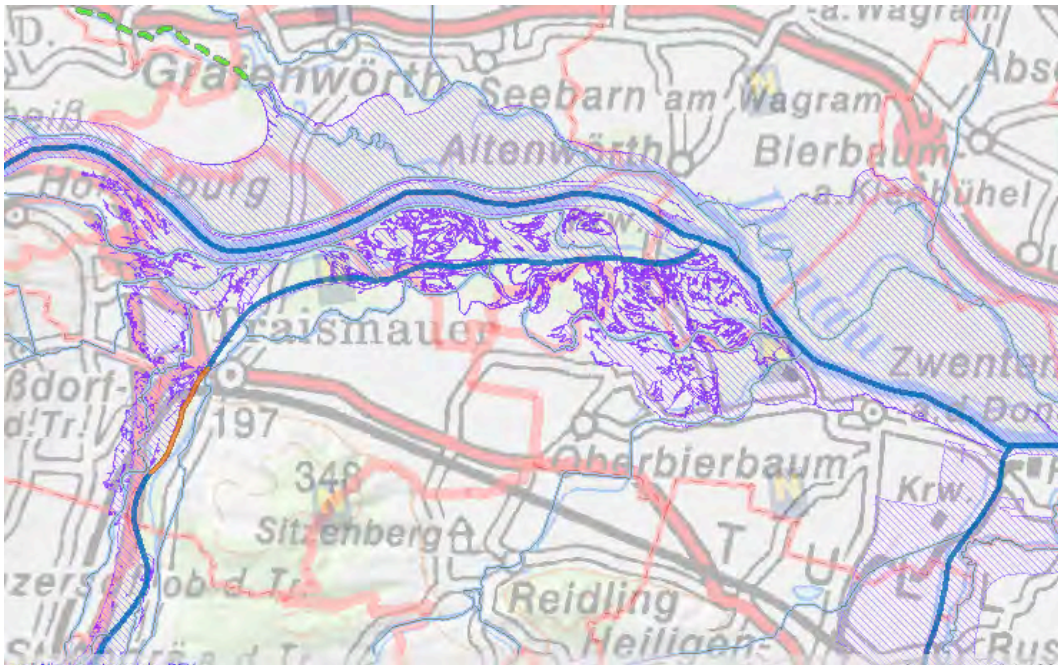


Abbildung 9: Überflutungsgebiet des HW100 der Donau und Traisen am 05.06.13 (noel.gv.at, 2014)

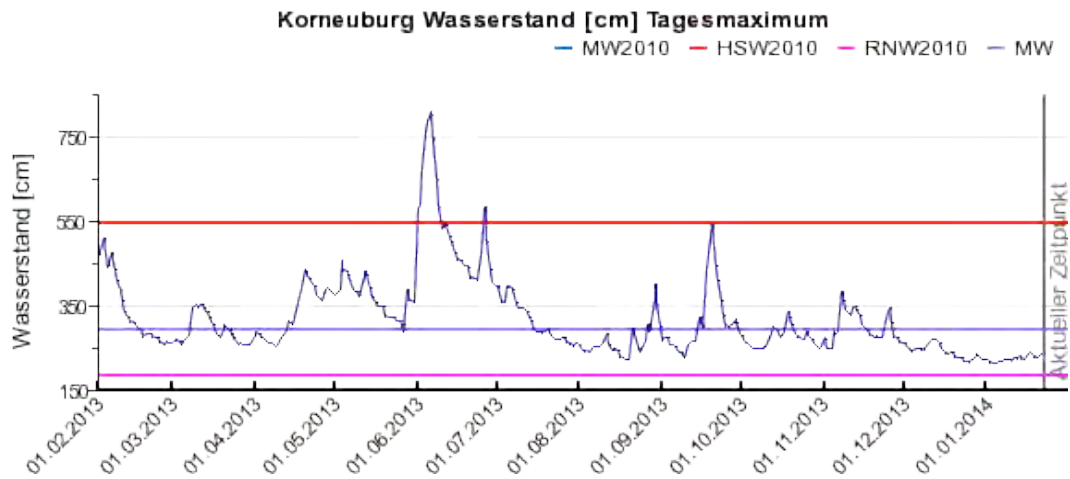


Abbildung 10: Zeigt die Wasserstandmessungen der Donau zum Zeitpunkt des HW100.

4.6 Diasporenbank Untersuchung

Um die Möglichkeiten der Regeneration und der Neubildung von *Solidago gigantea* abschätzen zu können, stellt die Untersuchung der Diasporen im Boden einen wichtigen Bestand der Untersuchung dar. Dieses „Diasporen-Potential“, „Samenbank“ oder auch „Samenvorrat“ können auf das Gesamtpotential, die Tiefenverteilung, horizontaler Verteilung und die Keimfähigkeit untersucht werden (Dierschke 1994).

Die Diasporenbank-Untersuchung wurde auf 23 Flächen durchgeführt. Es wurden Anfang April, noch vor jeglichen Managementmaßnahmen Bodenproben entnommen. Auf jeder Fläche (2x2m) wurden je 5 Bodenproben mit Hilfe eines Bohrstocks mit einem Durchmesser von 5,6cm entnommen. Die jeweilige Bodenprobe wurde auf drei Tiefen aufgeteilt: 0-5cm, 5-10cm und 10-20cm. Die jeweilige Tiefe wurde aufgrund der 5 Bohrungen pro Fläche zu einer Mischprobe in Plastikbeuteln zusammengeführt. Dies bedeutet, dass bei 23 Versuchsflächen, 5 Bohrungen pro Fläche und 3 Tiefen, 69 Proben entstanden. Die Mischproben wurden anschließend bei 4°C und Dunkelheit über 30 Tage hinweg gelagert. Um die Samen von *Solidago gigantea* zu gewinnen, wurden die Proben mittels Spühlverfahren gereinigt. Die Mischproben wurden vor dem Verfahren gewogen. Die Proben wurden mit einem weichen Wasserstrahl durch 5 Siebe mit unterschiedlicher Maschenweite (3mm, 2mm, 0,8mm, 0,5mm, 0,2mm) gespült (Bernhardt 1993). Durch eine automatisierte Rüttelbewegung wurden die Proben 7 Minuten lang gewaschen. Die Maschenweite wurde aufgrund der Größe der Samen ausgewählt (Cappers et al. 2006).

Die getrockneten Proben wurden mittels Lupe auf das Vorkommen der Samen von *Solidago gigantea* untersucht. Die gefundenen Samen wurden erneut auf die 3 verschiedenen Tiefen aufgeteilt und einem Keimtest unterzogen. Dabei wurden sie auf, mit Papier ausgelegten, Petrischalen 40 Tage lang, bei 60-90% Luftfeuchtigkeit und einem Tageszyklus und einem Nachtzyklus bei Temperaturen zwischen 18-25°C im Keimschrank gelagert. Die gekeimten Samen wurden abgezählt und die ungekeimten Samen wurden einem Vitalitätstest unterzogen (Bernhardt et al. 2008).

Um die Vitalität zu testen, wurden die Samen mit einer 0,1%igen Lösung von 2,3,5-Triphenyl-2H-tetrazolium chloride (TTC) behandelt, dadurch kommt es durch eine Redox-Reaktion zu einer Veränderung der Farbe in rot. Anschließend wurden die Samen geteilt und erneut mit TTC behandelt. Nach 6 Stunden bei 30°C im Keimschrank wurden die Samen das letzte Mal untersucht. Haben die Samen eine rosa Färbung angenommen, kann man davon ausgehen, dass die Samen dormant sind (Rich et al. 2001).

Die gefundenen Samen wurden wie folgt hochgerechnet (Bernhardt 1996):

STANDORT 1:

r Bohrstock = 0,26 m

$$\begin{aligned} A \text{ Bohrstock} &= \pi * r^2 \\ &= 0,002123717 \end{aligned}$$

bei 35 Bohrungen:

$$A = 0,074330082 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 : 0,074330082 = 13 \text{ (abgerundeter Faktor für } A = 1 \text{ m}^2)$$

STANDORT 2:

r Bohrstock = 0,26 m

$$\begin{aligned} A \text{ Bohrstock} &= \pi * r^2 \\ &= 0,002123717 \end{aligned}$$

bei 80 Bohrungen:

$$A = 0,169897331 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 : 0,169897331 = 5 \text{ (abgerundeter Faktor für } A = 1 \text{ m}^2)$$

4.7 Datenauswertung

Die Bestandsaufnahmen wurden mittels Roh Tabellen erhoben. Um die Ergebnisse grafisch besser darstellen zu können, wurden die Rohwerte in Prozentsätze umgewandelt. Das heißt, jedem Deckungsgrad wurde ein Prozentsatz zugewiesen. Dadurch ergibt sich eine transformierte Braun-Blanquet Tabelle.

Tabelle 7: Transformation der Braun-Blanquet Tabelle (nach Wildi, 2010, 24, modifiziert)

Symbol	Deckung Braun- Blanquet	Deckung in %
r	rar, 1-3 Exemplare	0,25%
+	< 1% Deckung	0,5%
1	1-5% Deckung	5%
2	5-25% Deckung	17,5%
3	25-50% Deckung	37,5%
4	50-75% Deckung	62,5%
5	75-100% Deckung	87,5%

5. Ergebnisse

5.1 Auswirkung von *Solidago gigantea* auf die Pflanzengesellschaft

Um die Auswirkungen von *Solidago gigantea* auf die Pflanzengesellschaft einschätzen zu können, wurden Kontrollflächen angelegt, die als Referenzflächen gelten. Dabei gab es pro Versuchsstandort (Ufer und Wald) eine Kontrollfläche. Diese Kontrollflächen blieben ungestört und sollten stellvertretend für die Entwicklung von *Solidago gigantea*, ohne Managementeingriffe, stehen. Dadurch können die Versuchsflächen, welche bearbeitet wurden, mit der jeweiligen Referenzfläche verglichen werden.

5.1.1 Abundanz des Neophyten über die Gesamtfläche

Kontrollfläche Standort Ufer (S1)

Insgesamt wurden auf der Kontrollfläche des Ufer-Standortes 10 Pflanzenarten erhoben, wobei *Solidago gigantea* den größten Anteil von 87,5% an der Gesamtdeckung von 99,25% (zu Beginn der Erhebung) einnahm (siehe Abbildung 11). Diesen Deckungsgrad konnte *Solidago gigantea* während der gesamten Vegetationsperiode beibehalten, obwohl der Gesamtdeckungsgrad bis zum 10.10.13 auf 89,75% absank. Die restliche Begleitflora hatte Anfang Mai einen Deckungsgrad von 11,75%, welcher dann auf 2,25% sank. Demnach ändert sich der Gesamtdeckungsgrad nur aufgrund der Begleitflora.

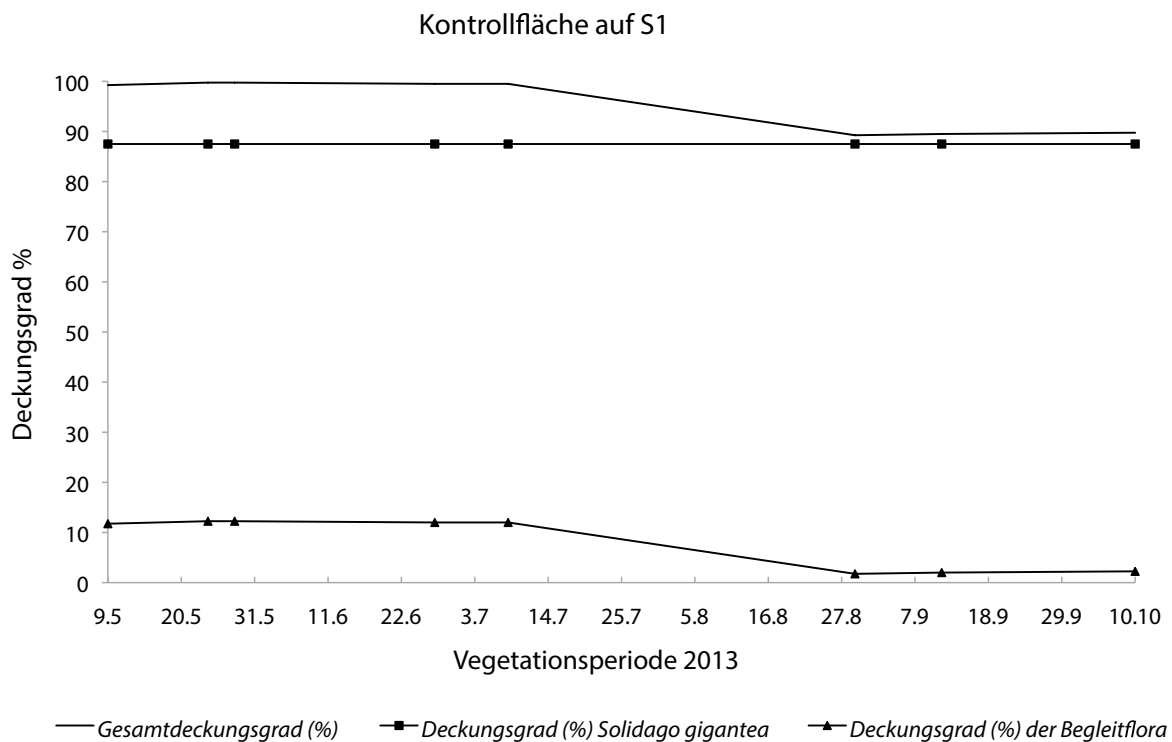


Abbildung 11: Entwicklung von *Solidago gigantea* und dessen Begleitflora in Abhängigkeit zur Gesamtdeckung auf der Kontrollfläche des Standortes 1 (Ufer)

Kontrollfläche des Standortes Wald (S2)

Auf der Kontrollfläche des Wald-Standortes wurden insgesamt 14 Pflanzenarten erhoben, wobei *Solidago gigantea*, mit 87,5 %, auch hier den größten Teil der Gesamtdeckung von 94,75% zu Beginn der Untersuchung einnahm. *Solidago gigantea* konnte den Deckungsgrad über die gesamte Vegetationsperiode hinweg beibehalten. Auch hier sank der Gesamtdeckungsgrad im Laufe der Vegetationsperiode, wobei der untersuchte Neophyt seinen Deckungsgrad beibehielt (siehe Abbildung 12). Am 10.10.13 war noch ein Gesamtdeckungsgrad von 89,75% festzustellen.

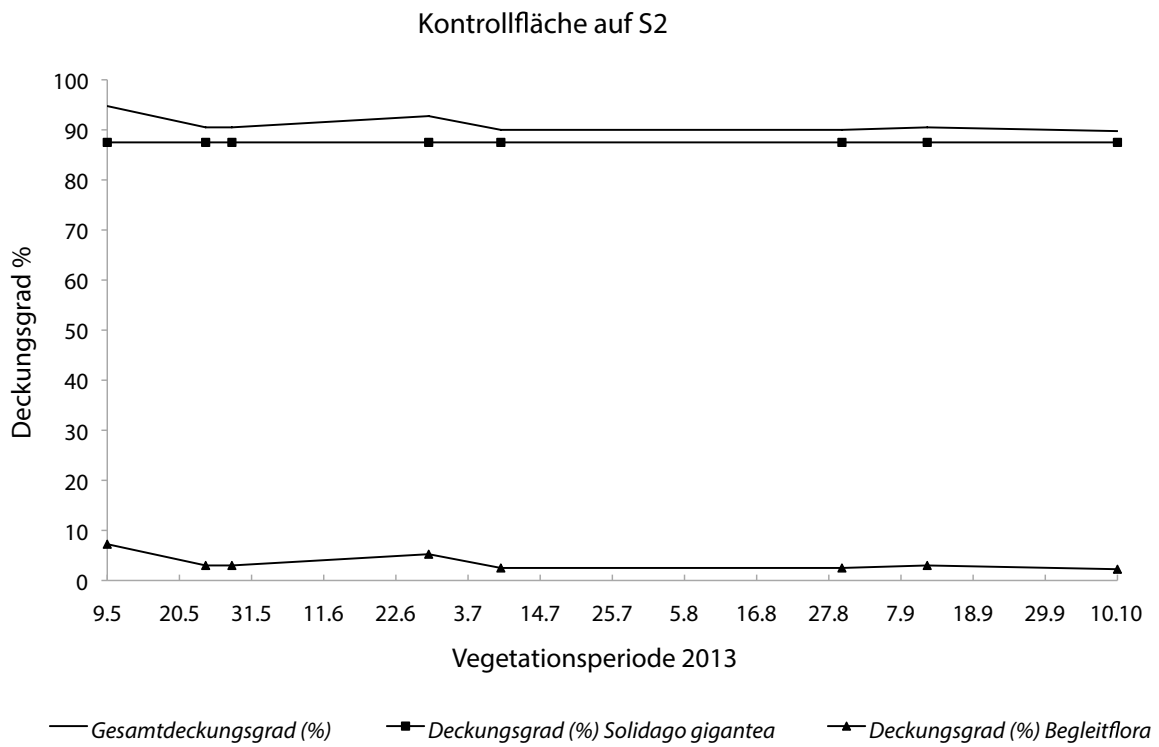


Abbildung 12: Entwicklung von *Solidago gigantea* und dessen Begleitflora in Abhängigkeit zur Gesamtdeckung auf Standort 2 (Wald)

5.2 Einfluss der Mahdregime auf die Entwicklung der Pflanzengesellschaft

In den folgenden Abbildungen wird die Entwicklung der gesamten Pflanzengesellschaft im Laufe der Mahdregime durch den Gesamtdeckungsgrad dargestellt, der sich aus dem Mittelwert der jeweils 3 Versuchsflächen ergibt. Im Vergleich dazu werden die Entwicklungen von *Solidago gigantea* auf den 3 einzelnen Versuchsflächen gesondert aufgezeigt.

5.2.1 Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes

STANDORT UFER (S1)

Abbildung 13 zeigt das Mahdregime „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf Standort 1. Dabei wurde am 08.07.13 das erste Mal gemäht und am 11.09.13 das zweite Mal. Zu Beginn des Versuches hatte *Solidago gigantea* auf allen 3 Flächen einen Deckungsgrad von 87,5%, wobei des Gesamtdeckungsgrad bei annähernd 100% lag. Nach der ersten Mahd stieg die Deckung von *Solidago gigantea* auf maximal 37,5% an und wurde zu diesem Zeitpunkt dann das zweite Mal gemäht. Am 10.10.13 konnte *Solidago gigantea* erneut einen Deckungsgrad von 87,5% auf allen 3 Flächen erreichen, bei einem Gesamtdeckungsgrad von 98,5%.

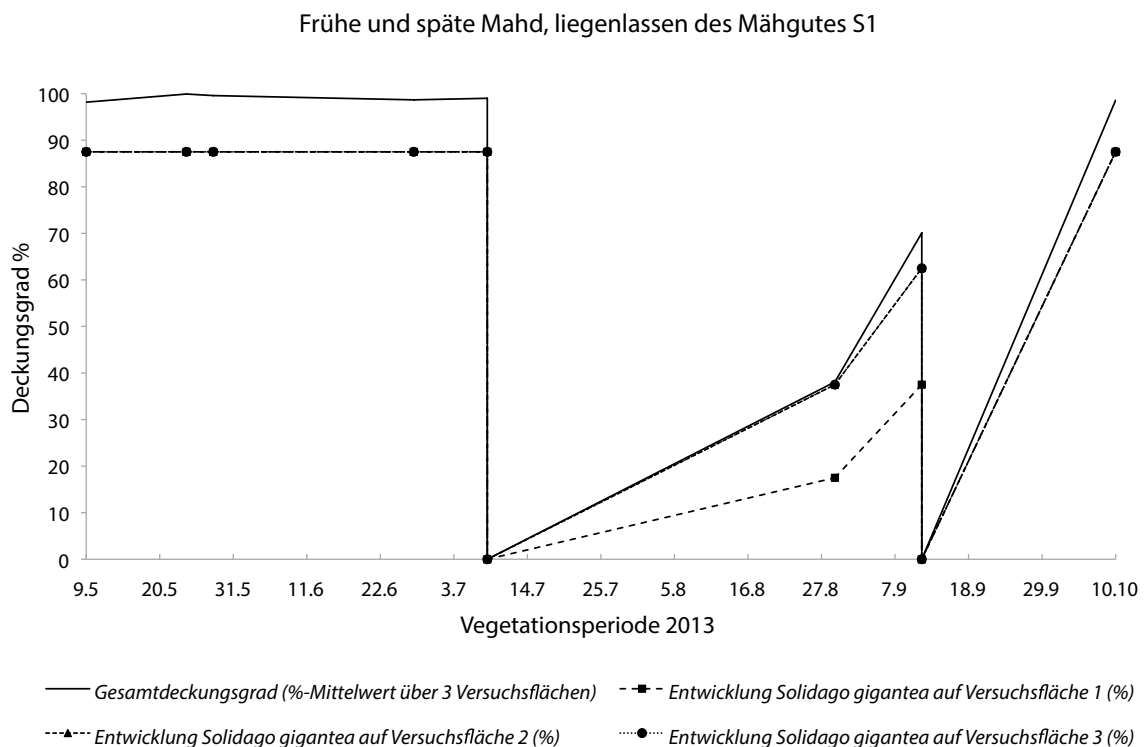


Abbildung 13: Verlauf der Entwicklung von *Solidago gigantea* während des Mahdregimes „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf 3 Versuchsflächen im Vergleich zur Gesamtdeckung auf dem Standort Ufer.

STANDORT WALD (S2)

Abbildung 14 zeigt das Mahdregime „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf dem Standort 2. Dabei wurde am 08.07.13 das erste Mal gemäht und am 11.09.13 das zweite Mal. Auch hier hatte *Solidago gigantea* zu Beginn der Untersuchung einen Deckungsgrad von 87,5%, bei einem Gesamtdeckungsgrad von 89,75%. Bereits nach der ersten Mahd konnte der anfängliche Deckungsgrad und Gesamtdeckungsgrad nicht wieder erreicht werden. Nach beiden Managementmaßnahmen sank der Gesamtdeckungsgrad am 10.10.13 auf 46,62% und die Deckung von *Solidago gigantea* auf 2 Versuchsflächen auf 0,5%, nur auf einer Fläche konnte der untersuchte Neophyt eine erneute Deckung von 87,5% erreichen.

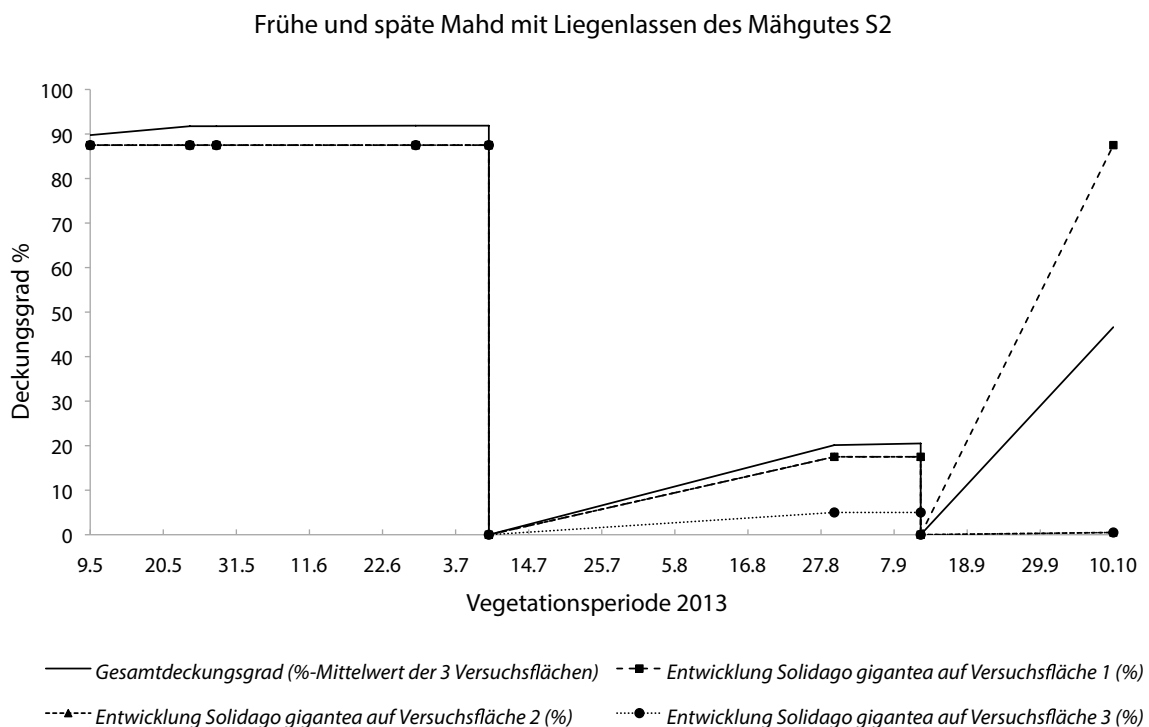


Abbildung 14: Verlauf der Entwicklung von *Solidago gigantea* während des Mahdregimes „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf 3 Versuchsflächen im Vergleich zur Gesamtdeckung auf dem Standort Wald

5.2.2 Fräsen

Solidago gigantea hatte auf den Versuchsfeldern mit Mahdregime „Fräsen“ zunächst einen Deckungsgrad von 87,5% bei einem Gesamtdeckungsgrad von beinahe 100%. Nach dem Managementeingriff konnte sich der Neophyt zunächst rasch erholen und erreichte am 27.06.13 einen erneuten Deckungsgrad von 87,5%. Im Juli begann der Deckungsgrad von *Solidago gigantea* und demnach auch der Gesamtdeckungsgrad zu sinken, wobei die Deckung von *Solidago gigantea* bis zum Ende der Vegetationsperiode deutlich unter den Gesamtdeckungsgrad sank (siehe Abbildung 15). Ab Ende August nahm der Anteil der Begeleitflora stark zu und erreichte am 10.10.13 einen Wert von 30%. Dieser Anstieg ist vor allem auf das Vorkommen von *Phalaris arundinacea* zurück zu führen, welches nach dem Fräsen stark anstieg. Zu Beginn der Untersuchung konnte lediglich ein Wert von 3,4% erhoben werden. Am Ende der Vegetationsperiode erreichte *Phalaris arundinacea* einen Deckungsgrad von 20%, der somit zweidrittel der gesamten Begleitflora am 10.10.13 darstellte.

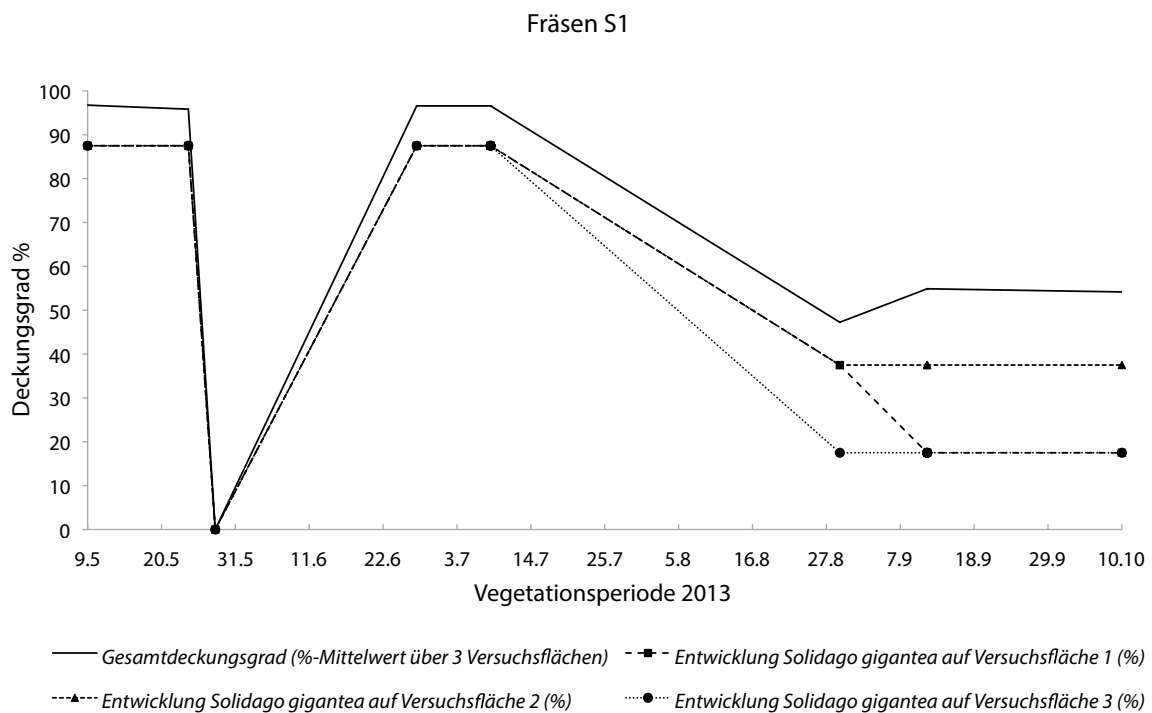


Abbildung 15: : Verlauf der Entwicklung von *Solidago gigantea* während des Mahdregimes „Fräsen“ auf 3 Versuchsfeldern im Vergleich zur Gesamtdeckung auf dem Standort Ufer.

Zu Beginn des Versuches konnten im Durchschnitt über 3 Versuchsflächen 9 verschiedene Pflanzenarten bestimmt werden. Am 11.09.13 hatte sich die Anzahl auf 15 Arten erhöht (siehe Abbildung 16). Kurz nach dem Fräsen konnten zunächst nur 6 Arten gefunden werden. Ende August konnten aber schon 14 Arten bestimmt werden. Dominante Arten sind *Phalaris arundinacea*, *Humulus lupulus*, *Calystegia sepium* und auch *Chenopodium album*.

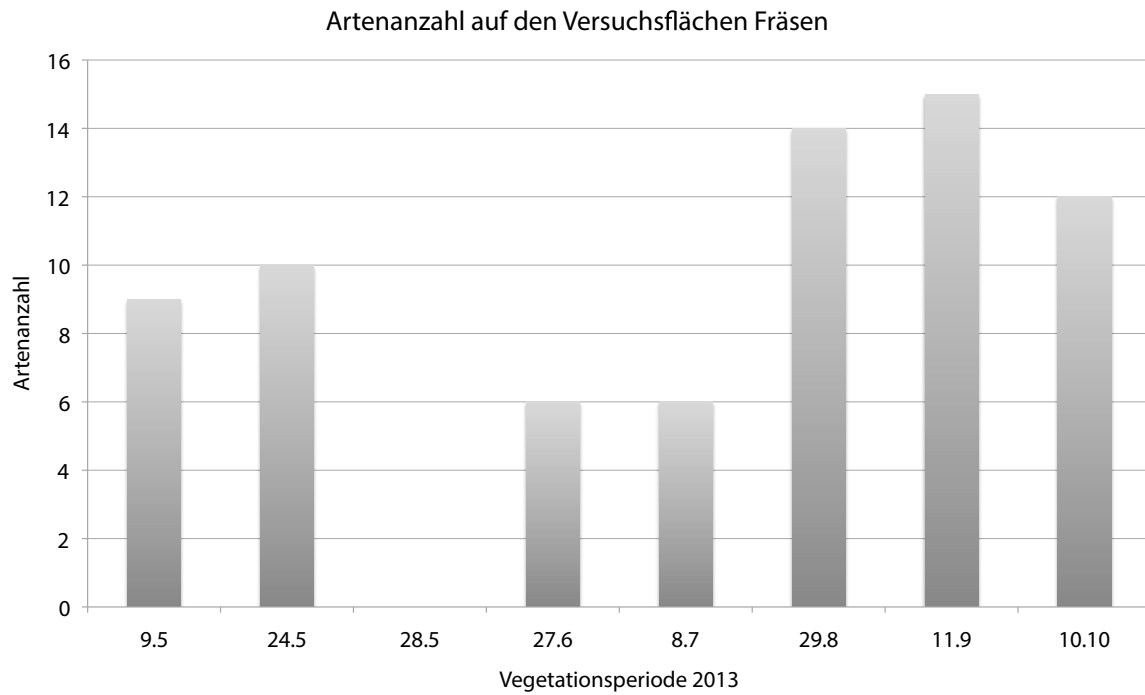


Abbildung 16: Veränderung der Pflanzenartenanzahl durch das Mahdregime Fräsen auf dem Standort Ufer

5.2.3 Frühe Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes

Die Entwicklung von *Solidago gigantea* verlief auf den 3 Versuchsflächen des Mahdregimes „Frühe Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf dem Standort Wald recht unterschiedlich. Zunächst wies *Solidago gigantea* auf allen 3 untersuchten Flächen einen Deckungsgrad von 87,5% auf. Nach der Mahd stieg der Deckungsgrad von 87,5% auf den Flächen 2 und 3 über den Gesamtdeckungsgrad von 67,5% an und sank auf der Versuchsfläche 3 am 10.10.13 auf 0,5% ab. Auf Fläche 2 konnte *Solidago gigantea* die Deckung jedoch auf 87,5% halten. Auf Versuchsfläche 1 stieg der Deckungsgrad von *Solidago gigantea* zunächst langsam und erreichte erst am Ende der Vegetationsperiode einen maximalen Deckungsgrad von 87,5% (siehe Abbildung 17).

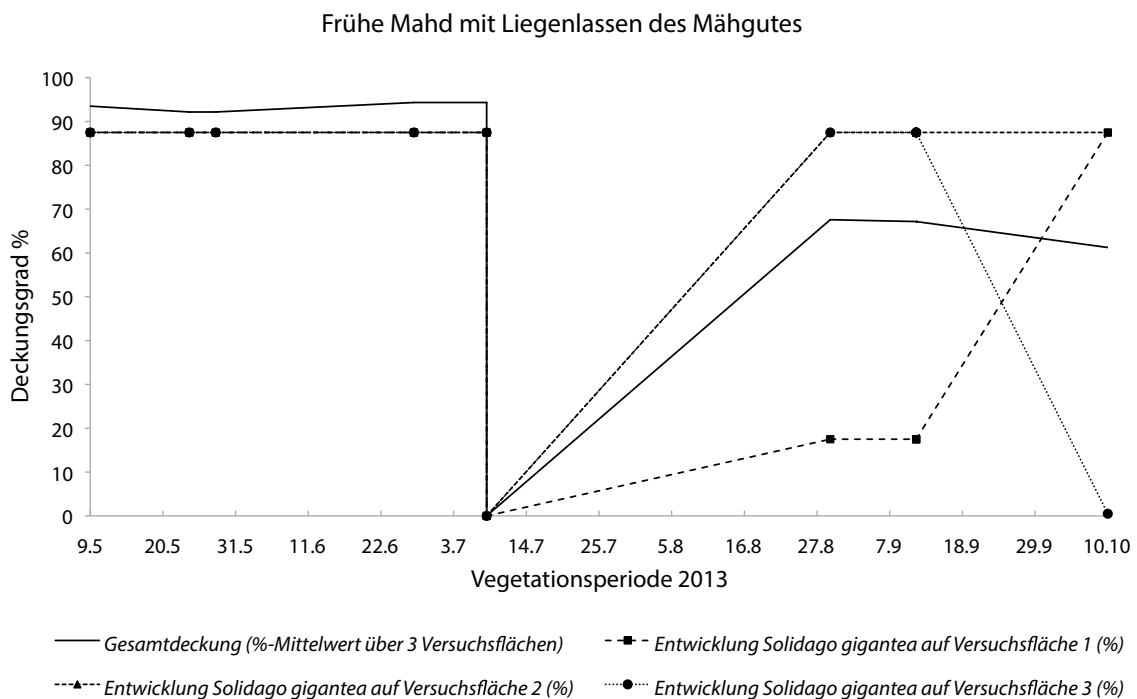


Abbildung 17: Verlauf der Entwicklung von *Solidago gigantea* während des Mahdregimes „Frühe Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf 3 Versuchsflächen im Vergleich zur Gesamtdeckung auf dem Standort Wald.

5.2.4 Frühe Mahd mit Entfernen des Mähgutes

Bei dem Mahdregime „Frühe Mahd mit Entfernen des Mähgutes“ ist laut Abbildung 18 ersichtlich, dass *Solidago gigantea* zunächst auf allen 3 Versuchsflächen einen Deckungsgrad von 87,5% aufwies. Nach der Mahd am 08.07.13 und weggeben des Mähgutes konnte sich *Solidago gigantea* nicht mehr erholen und hatte nur mehr einen Deckungsgrad von 0,5% bei einem Gesamtdeckungsgrad von 3,16%. Auch wenn des Gesamtdeckungsgrad am Ende der Vegetationsperiode geringer als zu Beginn der Untersuchung war, konnten 18 verschiedene Pflanzenarten bestimmt werden – 4 Arten mehr als Anfang Mai.

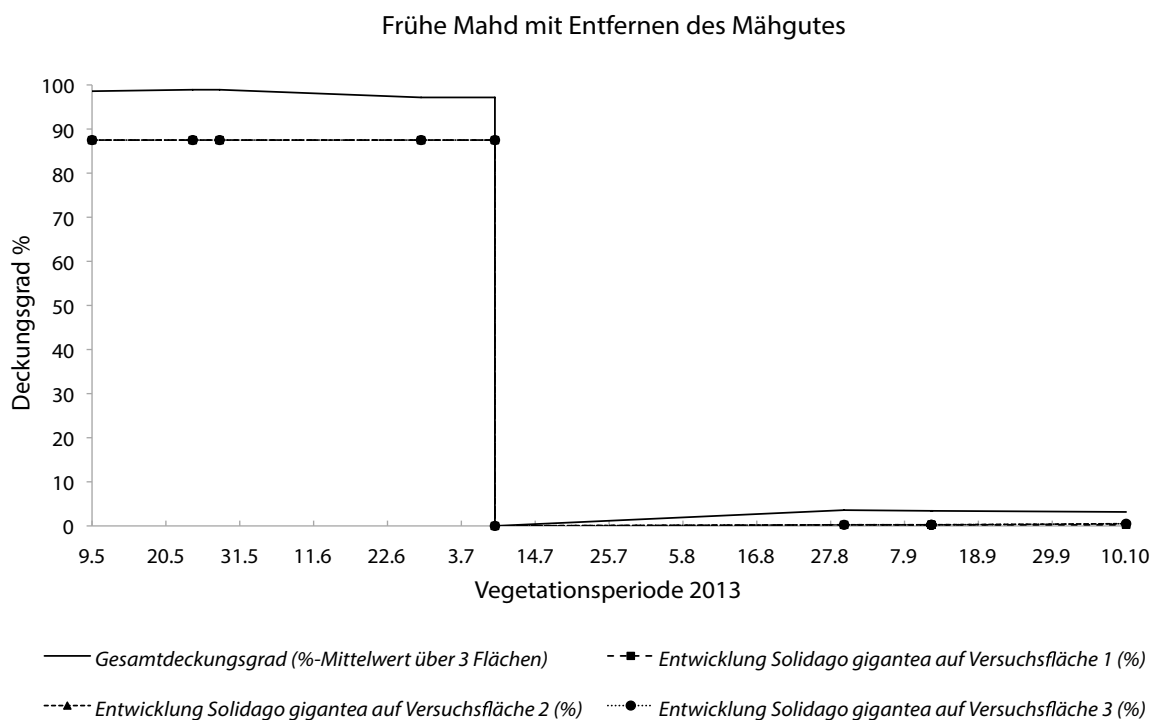


Abbildung 18: Verlauf der Entwicklung von *Solidago gigantea* während des Mahdregimes „Frühe Mahd mit Entfernen des Mähgutes“ auf 3 Versuchsflächen im Vergleich zur Gesamtdeckung auf dem Standort Wald.

5.2.5 Späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes

Die Versuchsfelder des Mahdregimes „Späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf dem Standort S2 wurden Anfang September gemäht. Dabei verlief die Entwicklung von *Solidago gigantea* auf allen 3 Versuchsfeldern nahezu identisch (siehe Abbildung 19). Zu Beginn konnte *Solidago gigantea* eine Deckung von 87,5% aufweisen, bei einem Gesamtdeckungsgrad von 94,75%. Nach der späten Mahd sank der Deckungsgrad von *Solidago gigantea* auf 0,25 – 0,5% ab, bei einem Gesamtdeckungsgrad von 2,25%. Außerdem konnten zu Beginn des Versuches 16 verschiedene Pflanzenarten nachgewiesen werden und am Ende der Vegetationsperiode am 10.10.13 konnten noch 13 verschiedene Arten gefunden werden.

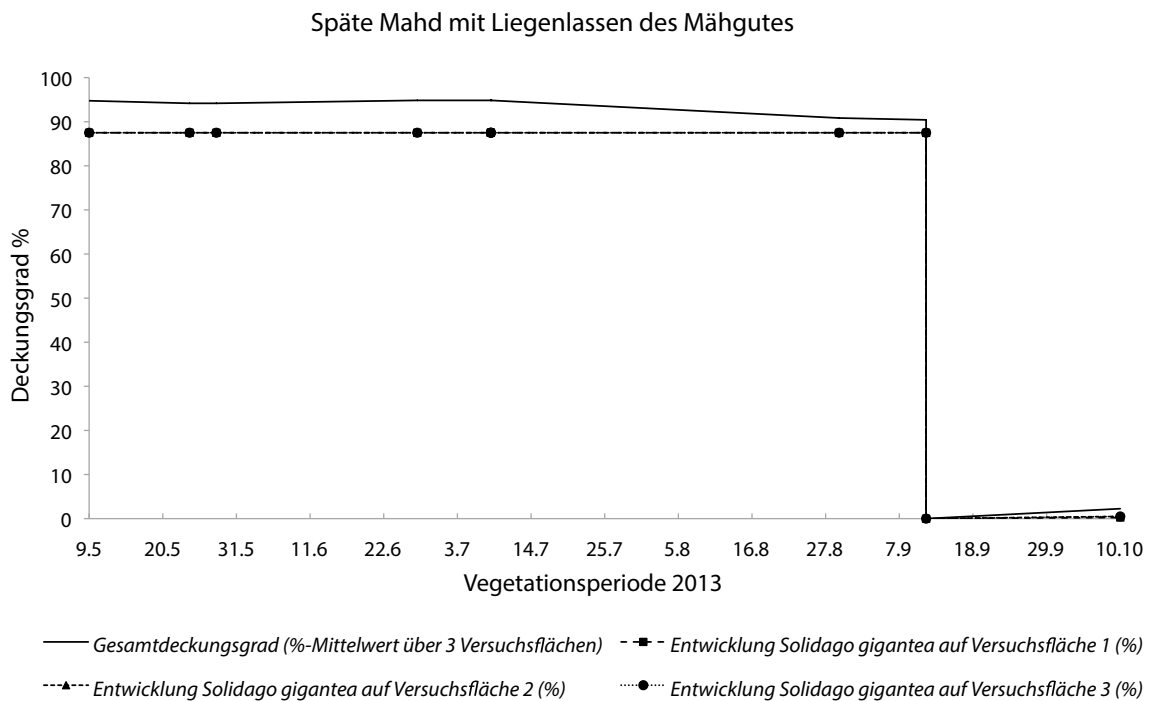


Abbildung 19: Verlauf der Entwicklung von *Solidago gigantea* während des Mahdregimes „Späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf 3 Versuchsfeldern im Vergleich zur Gesamtdeckung auf dem Standort Wald.

5.2.6 Späte Mahd mit Entfernen des Mähgutes

Die Versuchsfelder des Mahdregimes „Späte Mahd mit Entfernen des Mähgutes“ zeigen ein sehr ähnliches Bild wie das Mahdregime, bei dem das Mähgut liegengelassen wurde. *Solidago gigantea* hat zunächst einen Deckungsgrad von 87,5% bei einem Gesamtdeckungsgrad von 94,5%. Nach der Mahd blieb der Deckungsgrad von *Solidago gigantea* auf 0, es konnten demnach keine Individuen nachgewiesen werden. Der Gesamtdeckungsgrad betrug am 10.10.13 noch 1,5% (siehe Abbildung 20), wobei *Fraxinus excelsior* mit 0,41% den größten Teil der Gesamtdeckung darstellte.

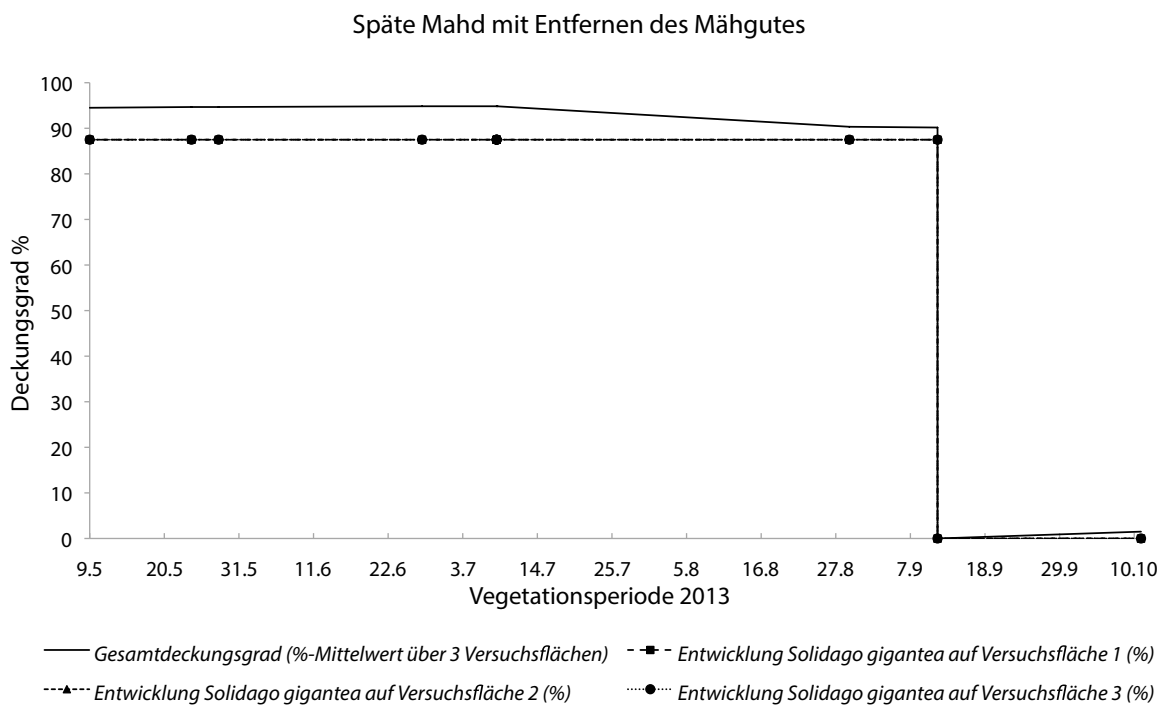


Abbildung 20: Verlauf der Entwicklung von *Solidago gigantea* während des Mahdregimes „Späte Mahd mit Entfernen des Mähgutes“ auf 3 Versuchsfeldern im Vergleich zur Gesamtdeckung auf dem Standort Wald.

5.3 Vergleich der Mahdregime

Um mögliche Unterschiede zwischen den Mahdregimen aufzuzeigen bzw. um das selbe Mahdregime auf unterschiedlichen Standorten zu analysieren, werden verschiedene Mahdregime miteinander verglichen.

5.3.1 Vergleich „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ zwischen S1 und S2

Die Entwicklung von *Solidago gigantea* verläuft auf beiden Standorten sehr ähnlich. Der Hauptunterschied liegt darin, dass auf dem Standort Wald generell (vor allem nach der Mahd) ein geringerer Gesamtdeckungsgrad zu finden war. Am Ende der Vegetationsperiode konnten sich die Flächen im Wald weniger gut erholen, sie erreichten lediglich einen Gesamtdeckungsgrad von 46,62%. Die Flächen am Ufer erreichten bis 10.10.13 wieder einen Gesamtdeckungsgrad nahe 100% (siehe Abbildung 21).

Vergleich "Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes" zwischen S1 & S2

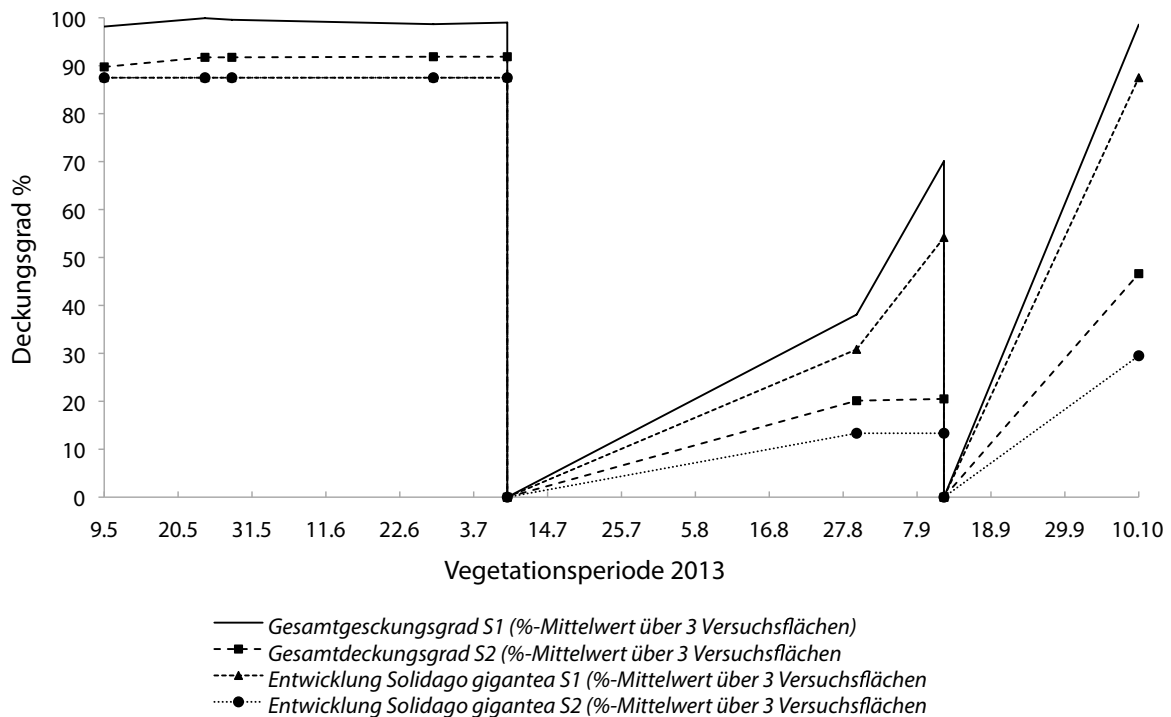


Abbildung 21: Vergleich des Mahdregimes „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ zwischen S1 und S2

5.3.2 Vergleich „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ mit „Fräsen“

Der Vergleich bezieht sich auf die Managementmaßnahmen des Standortes am Ufer. Der Deckungsgrad von *Solidago gigantea* liegt nach Anwendung der Mahdregimes „Fräsen“ und am Ende der Vegetationsperiode deutlich unter dem Deckungsgrad von *Solidago gigantea* auf den Flächen auf denen früh und spät gemäht wurde (siehe Abbildung 22).

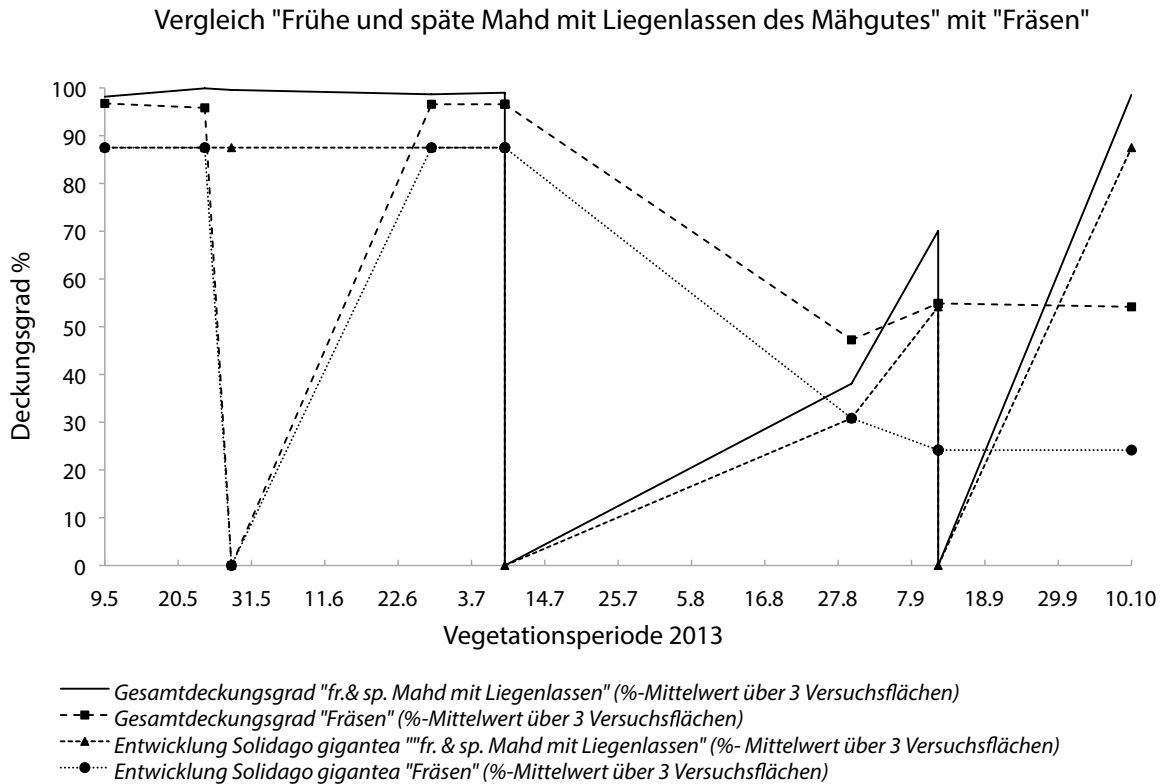


Abbildung 22: Unterschied der Entwicklung von *Solidago gigantea* nach Anwendung zweier unterschiedlicher Mahdregimes „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ und „Fräsen“ auf Standort Ufer

5.3.3 Vergleich „Frühe Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ mit „Frühe Mahd mit Entfernen des Mähgutes“

Laut Abbildung 23 erkennt man einen Unterschied in der Entwicklung von *Solidago gigantea* zwischen Liegenlassen des Mähgutes und Entfernen des Mähgutes. Wird das Mähgut entfernt, hat *Solidago gigantea* Schwierigkeiten wieder einen hohen Deckungsgrad zu erreichen, genauso wie die restlichen Pflanzenarten auf diesen Flächen. Wird das Mähgut liegengelassen, kommt es zu einem erneuten Anstieg des Deckungsgrades von *Solidago gigantea* auf 64,1%, bei einem Gesamtdeckungsgrad von 67,5% (am 29.08.13).

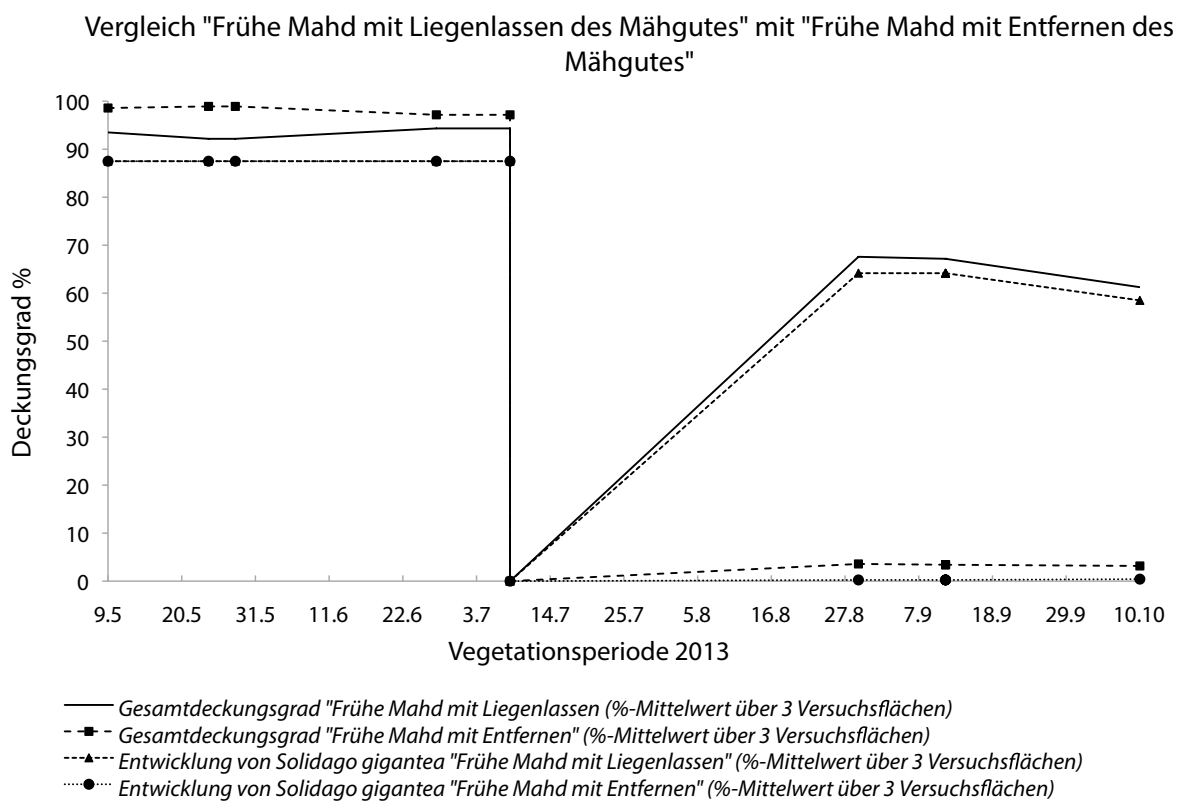


Abbildung 23: Vergleich des Mahdregime „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ und „Fräsen“

5.3.4 Vergleich aller Mahdregime auf Standort Wald

Laut Abbildung 24 zeigt *Solidago gigantea* nach der Managementmaßnahme „Frühe Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ am 10.10.13 den höchsten Deckungsgrad mit 61,25%. Bei dem Mahdregime „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ besitzt *Solidago gigantea* am Ende der Vegetationsperiode einen Deckungsgrad von 46,62% und bei den Mahdregimen, bei denen nur spät gemäht wurde, konnte ein Deckungsgrad von nahe 0% aufgenommen werden.

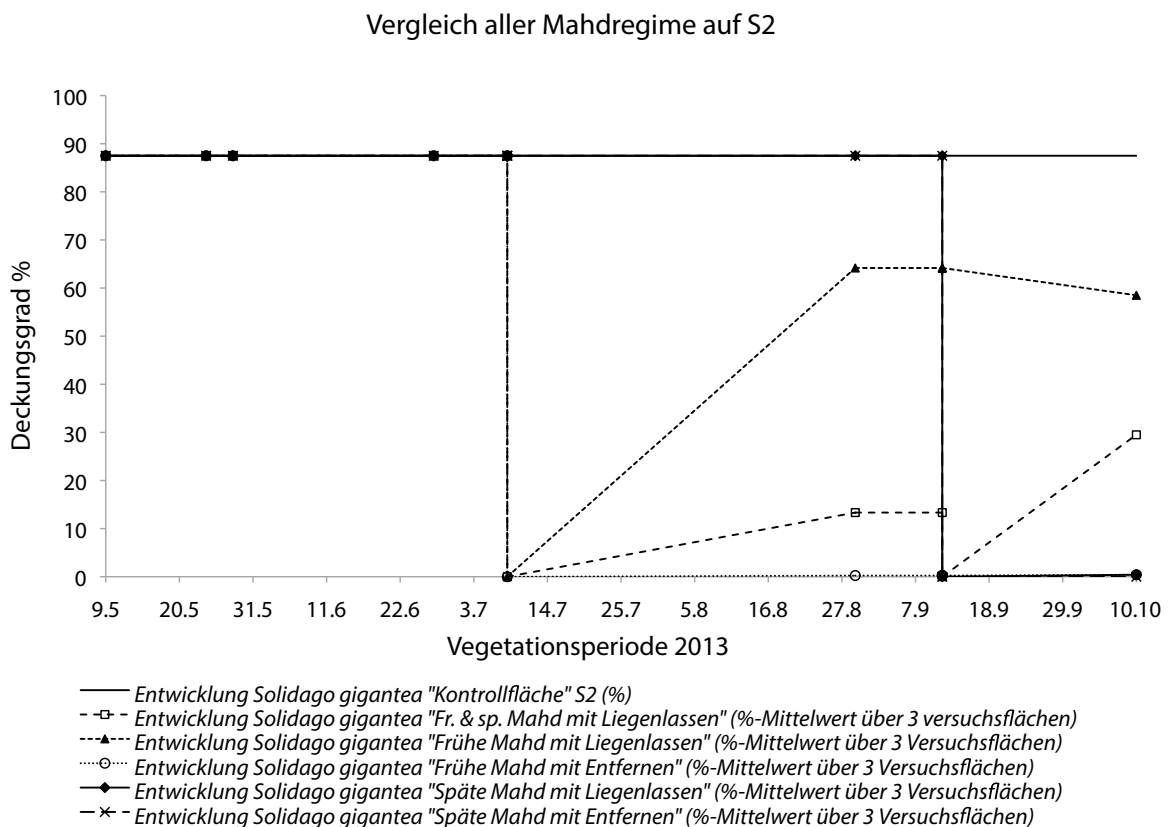


Abbildung 24: Vergleich aller Mahdregime auf dem Standort Wald

5.4 Phänologische Untersuchung

5.4.1 Vegetative Entwicklung

Abbildung 25 bezieht sich auf die vegetative Entwicklung von *Solidago gigantea* auf den Kontrollflächen der Standorte „Ufer“ und „Wald“.

Die vegetative Entwicklung von *Solidago gigantea* begann Mitte April mit Keimlingen und einem vegetativen Stadium von 2. Die Entwicklung erfolgte am Ufer etwas schneller als im Wald. Am Ufer wurde die vollständige Entwicklung bereits am 26.07.13 erreicht, im Wald hingegen erst am 29.08.13. Das vollständig entwickelte Stadium konnte nicht lange gehalten werden, bereits zwei Wochen später begann mit Stufe 7 die Vergilbung. Dieses Stadium der Vergilbung blieb bis September erhalten. Am Ende der Vegetationsperiode erreichte *Solidago gigantea* auf Standort 1 als auch auf Standort 2, die selbe phänologische Stufe.

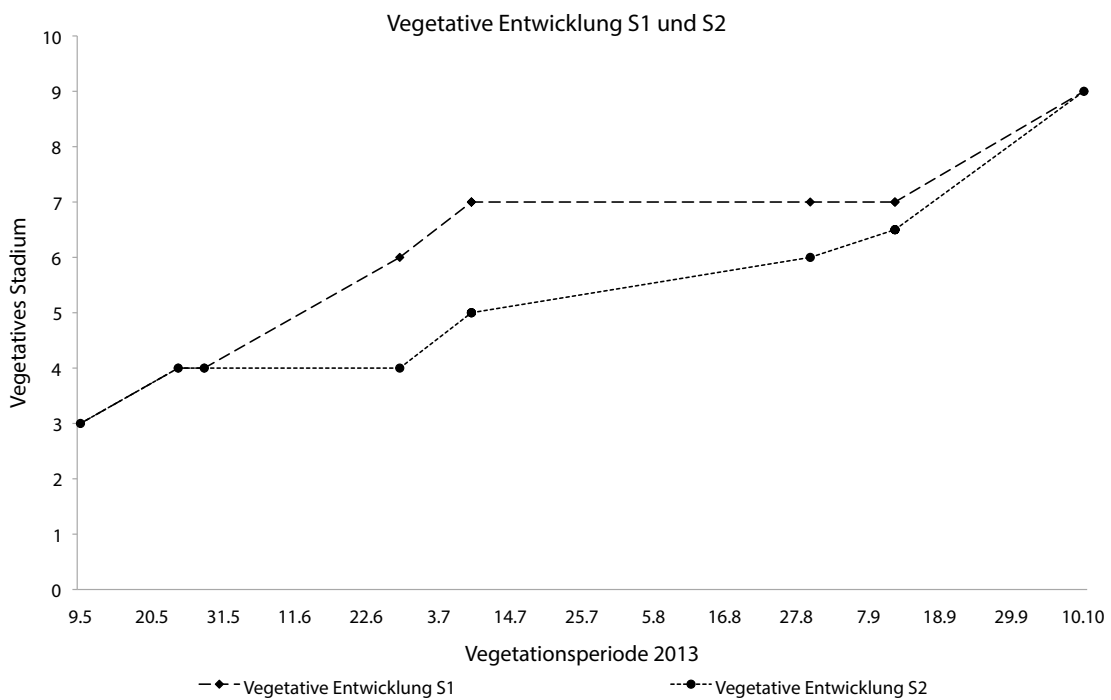


Abbildung 25: Vegetative Entwicklung von *Solidago gigantea* auf Standort 1 und 2

5.4.2 Generative Entwicklung

Diese generative Entwicklung bezieht sich auf die Kontrollflächen von Standort 1, als auch von Standort 2. Bis Juli verblieb die generative Entwicklung auf 0, d.h., dass *Solidago gigantea* noch keine Blütenknospen ausgebildet hatte. Die generative Entwicklung begann mit Anfang Juli und verlief auf beiden Standorten identisch. Mitte September kam es zu einer beginnenden Blüte. Ende September stand *Solidago gigantea* in voller Blüte. Zur Samenreife kam es erst Anfang bzw. Mitte Oktober. Wobei unterschiedliche Entwicklungsstufen auf einer Fläche zu finden waren. In diesem Fall wurde der Maximalwert für die Abbildung 26 herangezogen.

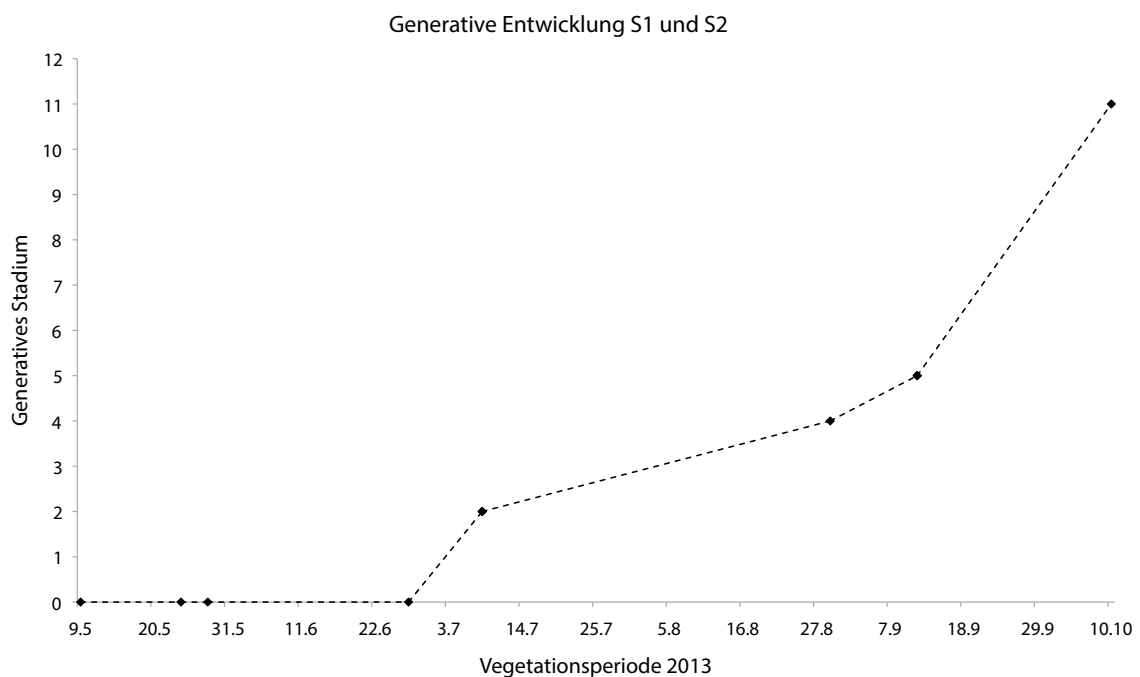


Abbildung 26: Generative Entwicklung der Kontrollflächen auf Standort 1 und Standort 2

5.5 Vergleich zwischen vegetativer und generativer Entwicklung

Bei einer mittleren Temperatur von 15,7°C hatten die *Solidago gigantea* - Keimlinge ein vegetatives Stadium von 2 und ein generatives Stadium von 0. Die generative Entwicklung startete bei einer Temperatur von 20,7°C mit einer generativen Stufe von 2. Daraus ist ersichtlich, dass die generative Entwicklung rund 3 Monate später als die vegetative Entwicklung startete. Zu Beginn der generativen Entwicklung war *Solidago gigantea*, aus vegetativer Sicht, bereits voll entwickelt bzw. bereits in einem vergilbenden Zustand. Die vegetative Entwicklung erfolgte im Wald etwas langsamer, dort war *Solidago gigantea* erst Ende September voll entwickelt (siehe Tabelle 8). Die Samenreife erfolgte auf beiden Standorten zu einem kühleren Zeitpunkt (14,5°C). Anfang September war *Solidago gigantea* mit einem generativen Stadium von 5 und bei einer mittleren Temperatur von 15,7°C zu 25% erblüht. Anfang bzw. Mitte Oktober fruchtete *Solidago gigantea* und war bereits zu 50% vergilbt.

Tabelle 8: Vergleich der generativen und vegetativen Entwicklung mit den Tagesmittelwerten (Quelle: Zamg)

Standort 1		Entwicklung	
Bestandsaufnahme	Temperatur °C	Vegetativ	Generativ
16.04.13	15,7	2	0
09.05.13	19,8	3	0
24.05.13	10,9	4	0
28.05.13	15,7	4	0
27.06.13	12,7	6	0
08.07.13	20,5	7	2
29.08.13	19,3	7	4
11.09.13	15,7	7	5
10.10.13	14,5	9	11

Standort 2		Entwicklung	
Bestandsaufnahme	Temperatur °C	Vegetativ	Generativ
16.04.13	15,7	2	0
09.05.13	19,8	3	0
24.05.13	10,9	4	0
28.05.13	15,7	4	0
27.06.13	12,7	4	0
08.07.13	20,5	5	2
29.08.13	19,3	6	4
11.09.13	15,7	6,5	5
10.10.13	14,5	9	11

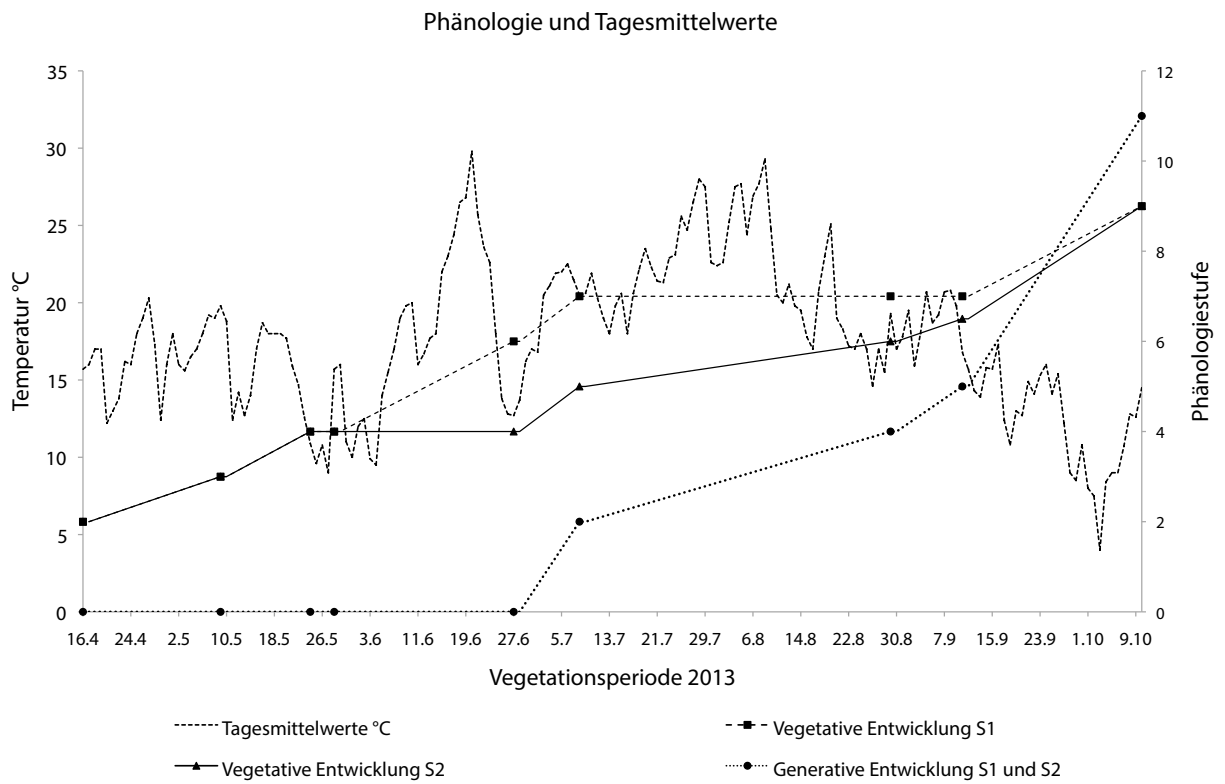


Abbildung 27: Vegetative und generative Entwicklung von *Solidago gigantea* in Abhängigkeit der Tagesmittelwerte

5.6 Einfluss der Mahdregime auf die phänologische Entwicklung von *Solidago gigantea*

Durch die Anwendung der verschiedenen Mahdregime wurde die phänologische Entwicklung immer wieder auf 0 gesetzt. Nur auf den Flächen, die gefräst wurden, kam es Anfang Oktober zu einer Blüte. Als Referenz wird in folgenden Diagrammen die generative und vegetative Entwicklung der Kontrollflächen angegeben.

Zur Übersichtlichkeit ist die generative Entwicklung der Kontrollfläche als auch der Versuchsfläche mit ■ gekennzeichnet und die vegetative Entwicklung mit ●.

5.6.1 Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes

STANDORT UFER (S1)

Bei dem Mahdregime „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf Standort 1 konnte die generative Entwicklung von *Solidago gigantea* nicht beginnen und blieb bis zum Ende der Vegetationsperiode auf 0 (siehe Abbildung 28). Die vegetative Entwicklung stand vor der ersten Mahd auf 7. *Solidago gigantea* konnte sich bis zur zweiten Mahd auf eine vegetatives Stadium von 4 erholen. Nach der zweiten Mahd erreichte *Solidago gigantea* am 10.10.13 noch eine vegetative Stufe von 3.

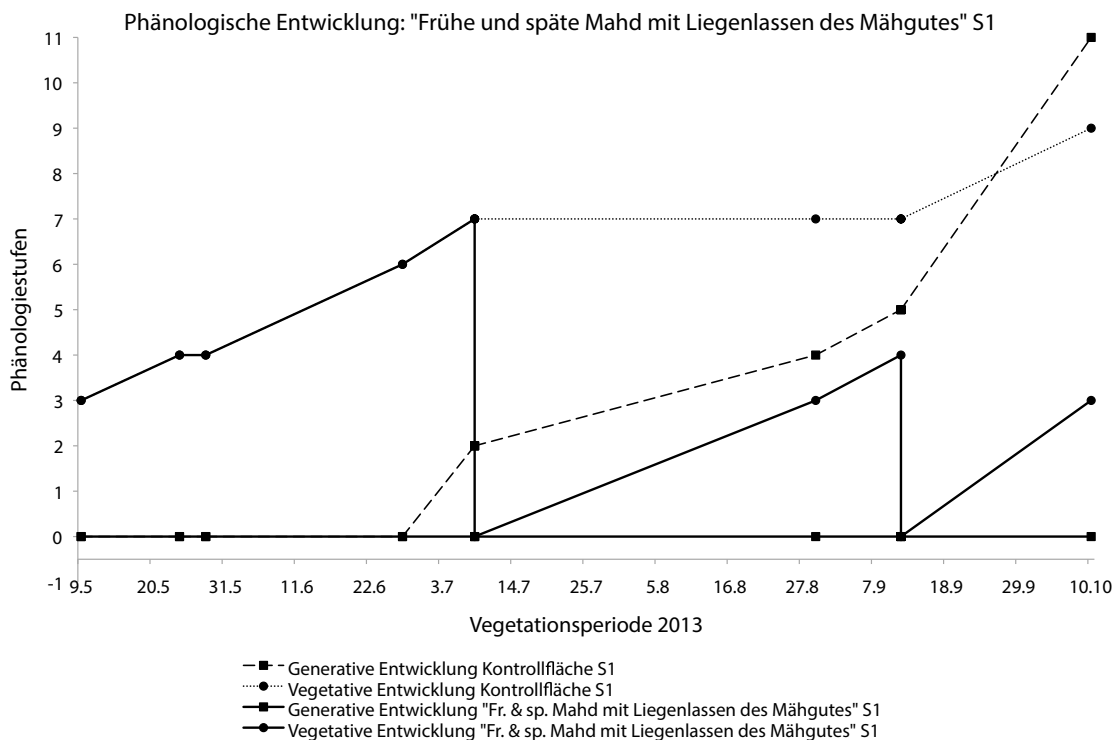


Abbildung 28: Vegetative und generative Entwicklung von *Solidago gigantea*: Mahdregime „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf Standort 1

STANDORT WALD (S2)

Auf Standort 2 verlief die phänologische Entwicklung von *Solidago gigantea* langsamer als auf Standort 1. Die generative Entwicklung konnte zum Zeitpunkt der ersten Mahd eine Stufe knapp über 0 erreichen, nach der Mahd verblieb die generative Stufe auf 0 (siehe Abbildung 29). Die vegetative Entwicklung stand vor der ersten Mahd auf einer Stufe von 4, welche bedeutet, dass *Solidago gigantea* bis zu 75% entwickelt war. Bis zur zweiten Mahd konnte ein vegetatives Stadium von durchschnittlich 2,5 erreicht werden und am Ende der Vegetationsperiode eine Stufe von knapp 2.

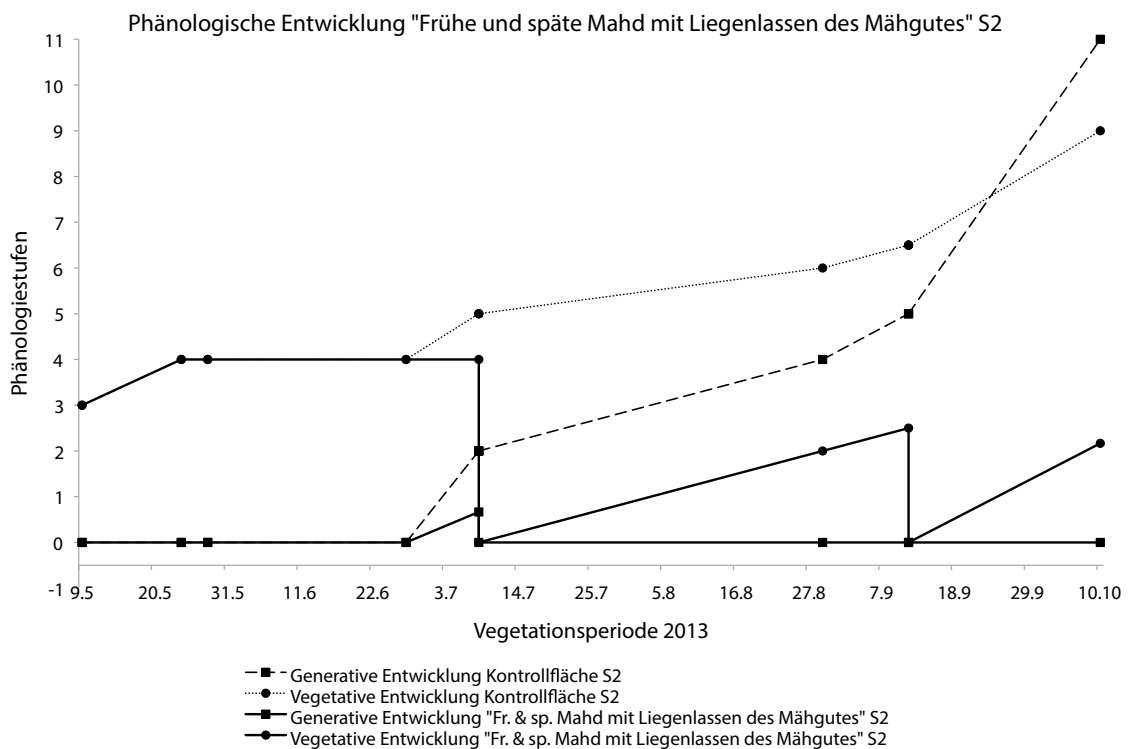


Abbildung 29: Vegetative und generative Entwicklung von *Solidago gigantea*: Mahdregime „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf Standort 2

5.6.2 Fräsen

Die Versuchsfelder, die gefräst wurden, sind die einzigen auf denen *Solidago gigantea* am Ende der Vegetationsperiode die Blüte erreichte. Die generative Entwicklung verblieb bis Mitte September auf 0 und erreichte anschließend in weniger als einem Monat die generative Stufe von 5 (Blüte) (siehe Abbildung 30). Liegt jedoch immer noch rund 5 Stufen unter der generativen Entwicklung von *Solidago gigantea* auf der Kontrollfläche. Die vegetative Entwicklung verlief nach dem Fräsen zunächst rasch, stagnierte von Ende Juni bis Mitte Juli jedoch. Nach diesem Stagnieren verlief die vegetative Entwicklung flach und betrug am 10.10.13 eine Stufe von 6, d.h. die Pflanzen waren zu diesem Zeitpunkt voll entwickelt, 3 Stufen unter der Entwicklung von *Solidago gigantea* der Kontrollfläche, auf der die Pflanzen bereits zu 50% vergilbt waren.

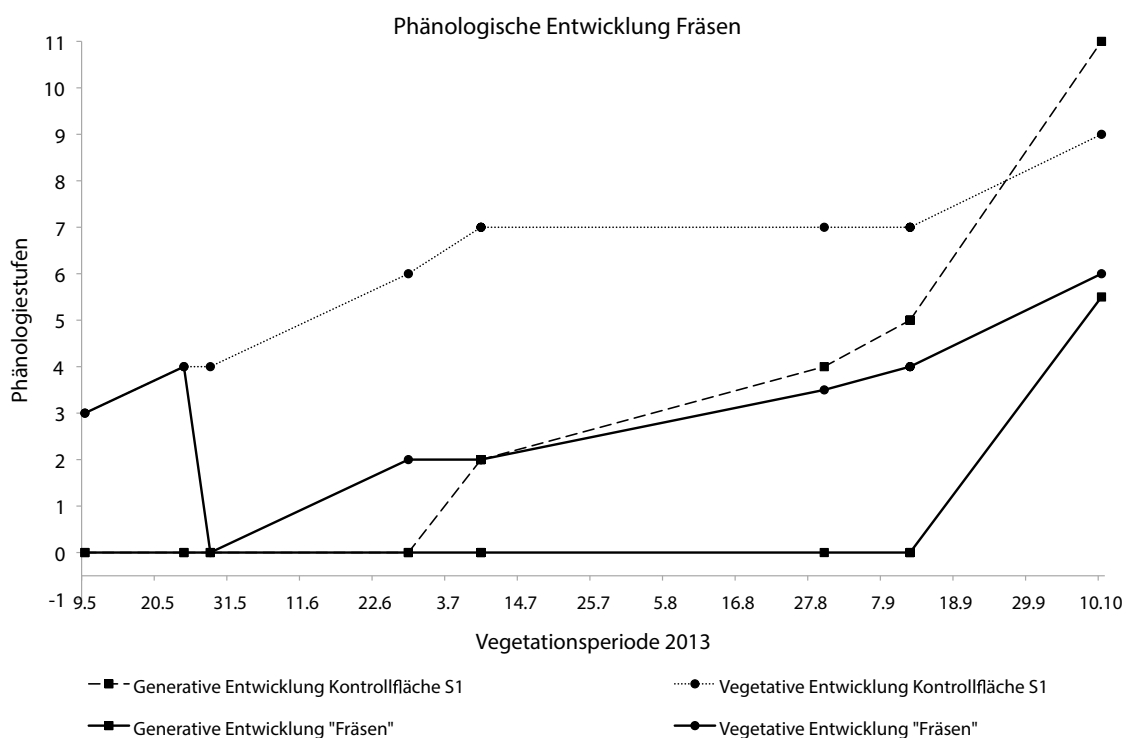


Abbildung 30: Vegetative und generative Entwicklung von *Solidago gigantea*: Mahdregime „Fräsen“

5.6.3 Frühe Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes

Auf den Versuchsflächen auf denen früh gemäht und das Mähgut liegengelassen wurde, verblieb die generative Entwicklung auf 0. Nach der Mahd verlief die vegetative Entwicklung flach und erreichte am 10.10.13 eine Stufe von 2 (siehe Abbildung 31).

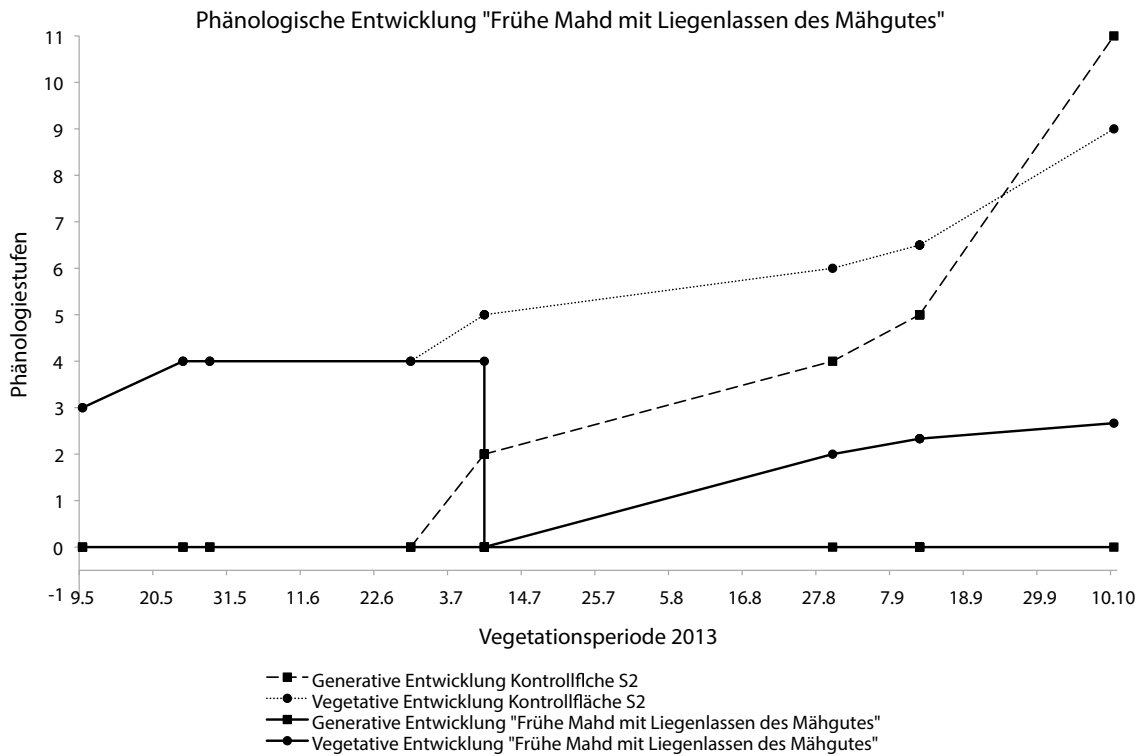


Abbildung 31: Vegetative und generative Entwicklung von *Solidago gigantea*: Mahdregime „Frühe Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“

5.6.4 Frühe Mahd mit Entfernen des Mähgutes

Die phänologische Entwicklung der Versuchsfelder, auf denen früh gemäht wurde und das Mähgut entfernt wurde, verlief sehr ähnlich wie die Entwicklung auf den Flächen, die früh gemäht wurden, auf denen das Mähgut jedoch liegengelassen wurde (siehe Abbildung 32).

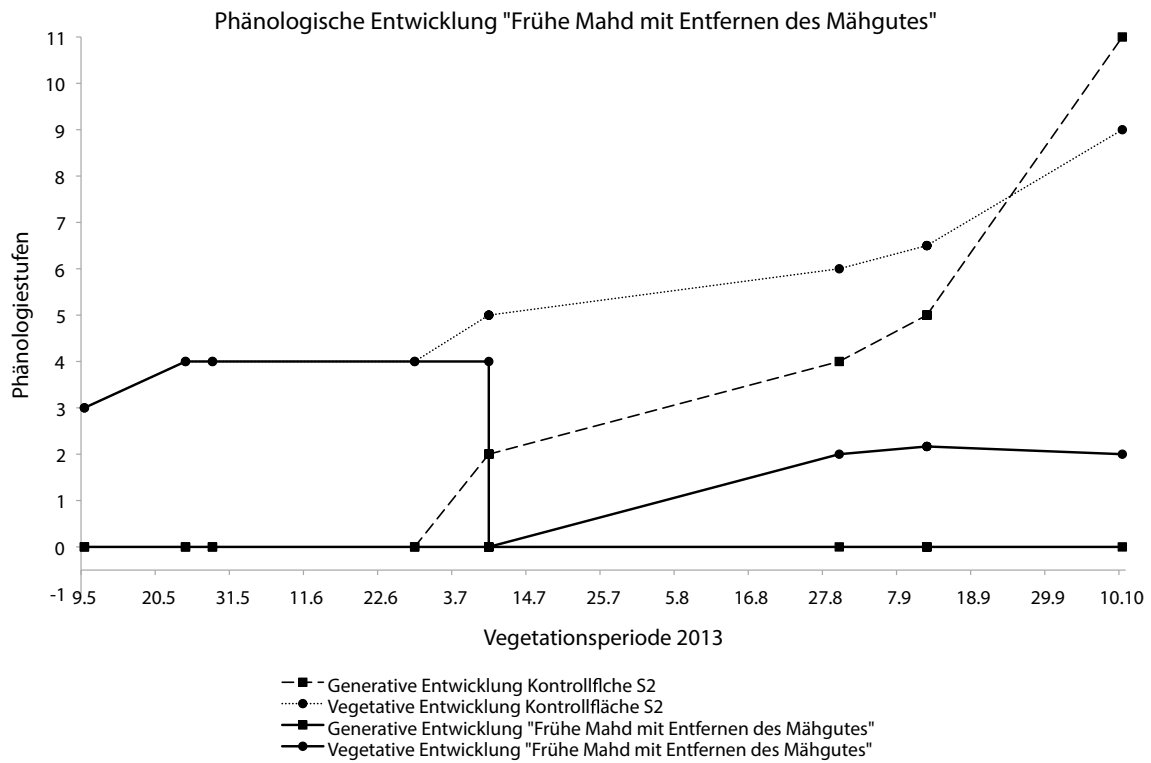


Abbildung 32: Vegetative und generative Entwicklung von *Solidago gigantea*: Mahdregime „Frühe Mahd mit Entfernen des Mähgutes“

5.6.5 Späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes

Die phänologische Entwicklung von *Solidago gigantea* der Flächen mit „Späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ verlief bis zur späten Mahd ähnlich wie auf der Kontrollfläche. Nach der Mahd verblieb die generative Stufe auf 0. Die vegetative Entwicklung konnte bis zum 10.10.13 noch auf Stufe 2 gehoben werden (siehe Abbildung 33).

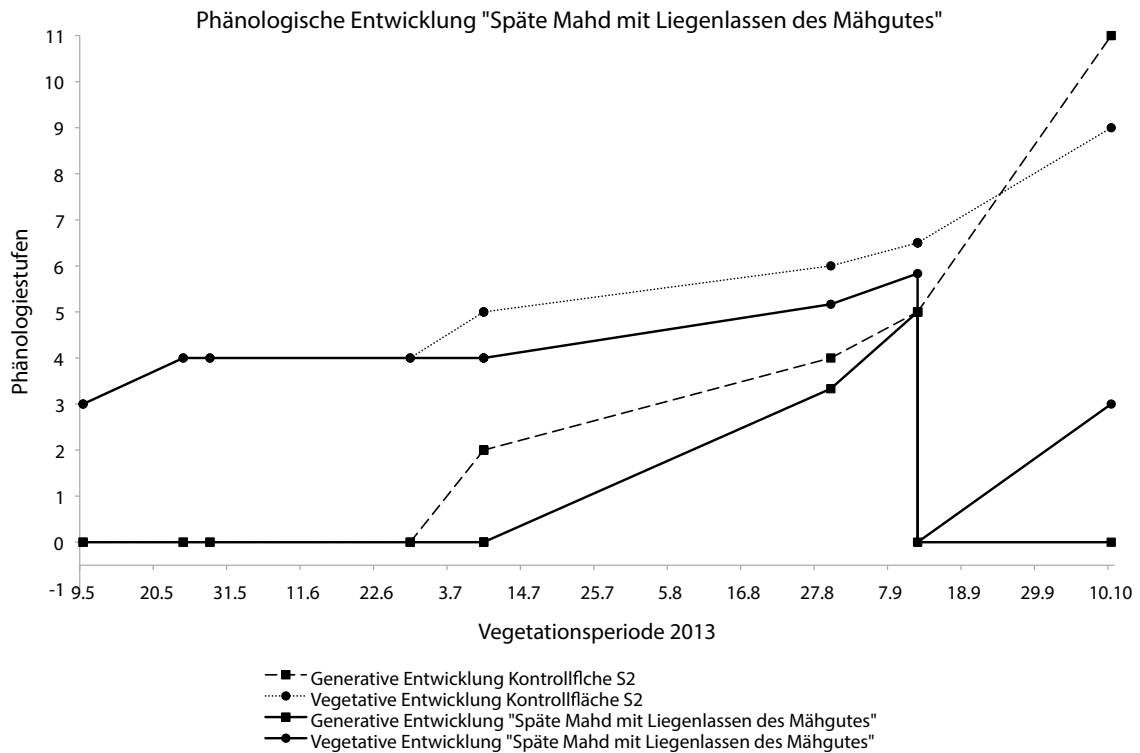


Abbildung 33: Vegetative und generative Entwicklung von *Solidago gigantea*: Mahdregime „Späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“

5.6.6 Späte Mahd mit Entfernen des Mähgutes

Die phänologische Entwicklung von *Solidago gigantea* verlief bei „Späte Mahd mit Entfernen des Mähgutes“ ähnlich wie auf den Flächen, auf denen das Mähgut liegengelassen wurde. Die vegetative Entwicklung verblieb nach der Mahd (siehe Abbildung 34) auf Stufe 0.

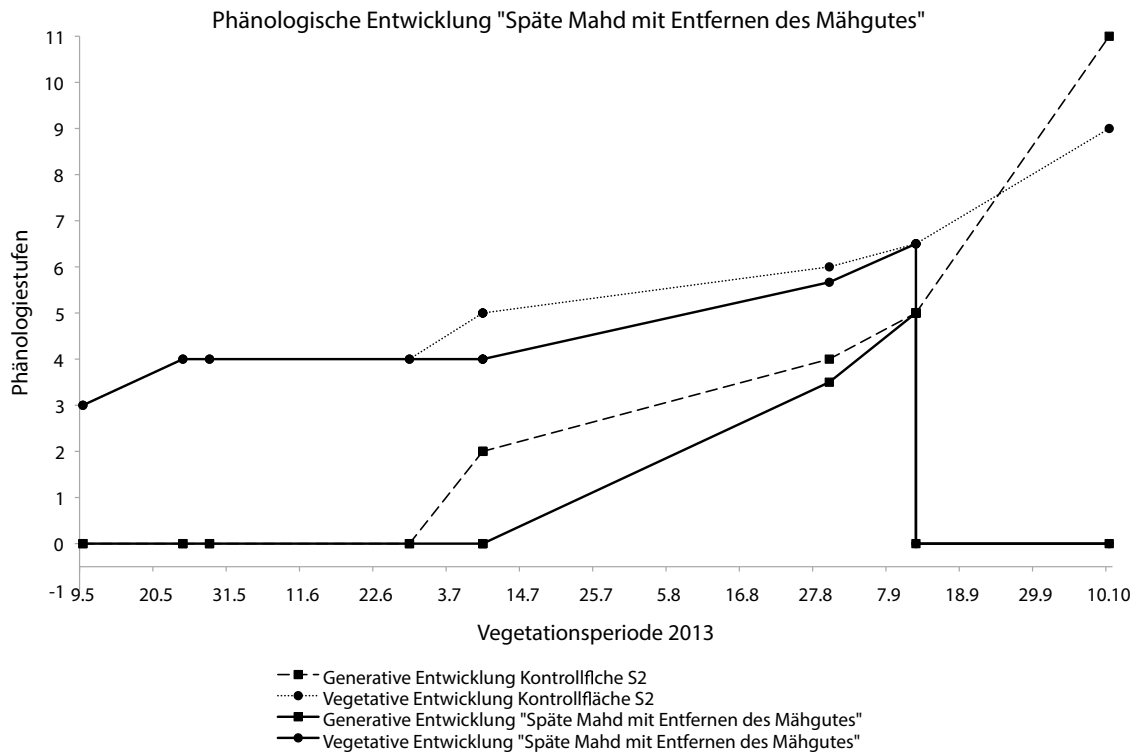


Abbildung 34: Vegetative und generative Entwicklung von *Solidago gigantea*: Mahdregime „Späte Mahd mit Entfernen des Mähgutes“

5.7 Vergleich der phänologischen Entwicklung 2013 mit der Entwicklung 2012

Tabelle 9 zeigt die vegetative und generative Entwicklung von *Solidago gigantea* aus dem Jahr 2012 und aus dem Jahr 2013.

Tabelle 9: Phänologische Entwicklung von *Solidago gigantea* 2012 und 2013 (Quelle: ZAMG und Lapin 2014)

2012			
Bestandsaufnahme	Temperatur °C	Vegetativ	Generativ
19.04.12	11	2	0
05.05.12	14,1	3	0
23.05.12	21,7	3	0
06.06.12	14,2	4	0
20.06.12	25,8	5	0
09.07.12	22,7	6	2
24.07.12	21,4	6	4
22.08.12	24,6	7	8
05.09.12	20,7	7	9
21.09.12	11,3	7	9
10.10.12	9,9	9	11

Standort 1		Entwicklung	
Bestandsaufnahme	Temperatur °C	Vegetativ	Generativ
16.04.13	15,7	2	0
09.05.13	19,8	3	0
24.05.13	10,9	4	0
28.05.13	15,7	4	0
27.06.13	12,7	6	0
08.07.13	20,5	7	2
29.08.13	19,3	7	4
11.09.13	15,7	7	5
10.10.13	14,5	9	9,5

Standort 2		Entwicklung	
Bestandsaufnahme	Temperatur °C	Vegetativ	Generativ
16.04.13	15,7	2	0
09.05.13	19,8	3	0
24.05.13	10,9	4	0
28.05.13	15,7	4	0
27.06.13	12,7	4	0
08.07.13	20,5	5	2
29.08.13	19,3	6	4
11.09.13	15,7	6,5	5
10.10.13	14,5	9	9,5

5.7.1 Verlauf der vegetativen Entwicklung 2012 und 2013

Die vegetative Entwicklung startete sowohl 2012 als auch 2013 Mitte April mit Keimlingen und einem vegetativen Stadium von 2. Allerdings war der Tagesmittelwert 2012 mit 11°C deutlich kühler als 2013 mit 15,7°C. Die vegetative Entwicklung verlief 2012 ähnlich wie 2013, liegt aber teilweise etwas oberhalb der Entwicklung von *Solidago gigantea* auf Standort 2 und etwas unterhalb der Entwicklung auf Standort 1. 2012 war *Solidago gigantea* am 20.06.12 voll entwickelt. Auf Standort 1 war *Solidago gigantea* bereits Ende Mai voll entwickelt und auf Standort 2 Mitte Juni. Das vegetative Stadium von 7 wurde auf Standort 1 bereits am 08.07.13 erreicht und auf Standort 2 erst Anfang Oktober und im Jahr 2012 am 20.08.12 (siehe Abbildung 35). Auf der Stufe 7 (beginnende Vergilbung) stagnierte *Solidagog gigantea* 2012 als auch auf Standort 1 im Jahr 2013. Die vegetative Stufe von 9 wurde 2013 als auch 2012 am 10.10. erreicht. Am Ende der Vegetationsperiode konnten 2013 mit einem Tagesmittelwert von 14,5°C höhere Temperaturen gemessen werden. Im Jahr 2012 waren es am 10.10.12 lediglich 9,9°C.

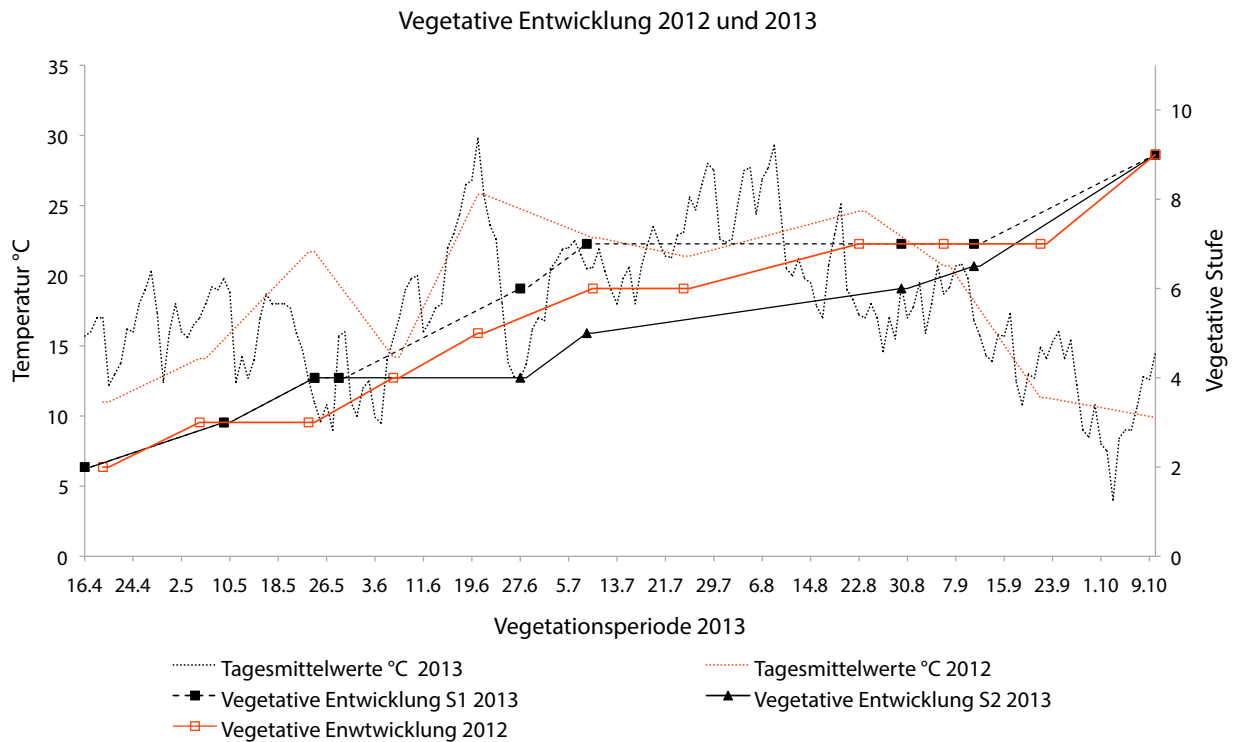


Abbildung 35: Vegetative Entwicklung von *Solidago gigantea*. Unterschiede zwischen 2012 und 2013

5.7.2 Verlauf der generativen Entwicklung 2012 und 2013

Die generative Entwicklung verlief, wie aus Abbildung 36 ersichtlich, 2012 etwas rascher als im Jahr 2013. Die generative Entwicklung startete 2012 bereits Mitte Juni, 2013 erst Ende Juni. Anfang Juli konnte jedoch 2012 als auch 2013 das selbe Stadium von 2 festgestellt werden. Auch lag zu diesem Zeitpunkt im Jahr 2012 der Tagesmittelwert höher und zwar bei 22,7°C und im Jahr 2013 bei 20,5°C.

2012 war *Solidago gigantea* am 05.09. bereits völlig verblüht, bei einer mittleren Temperatur von 20,7°C. 2013 hatte es zu diesem Zeitpunkt Anfang Juni nur 18,7°C. 2013 konnte die Stufe des völligen Verblühens erst Anfang Oktober erreicht werden, bei einer Temperatur von 14,5°C. Im Jahr 2012 hatte *Solidago gigantea* am Ende der Vegetationsperiode bereits eine generative Stufe von 11 bei einer Temperatur von 9,9°C.

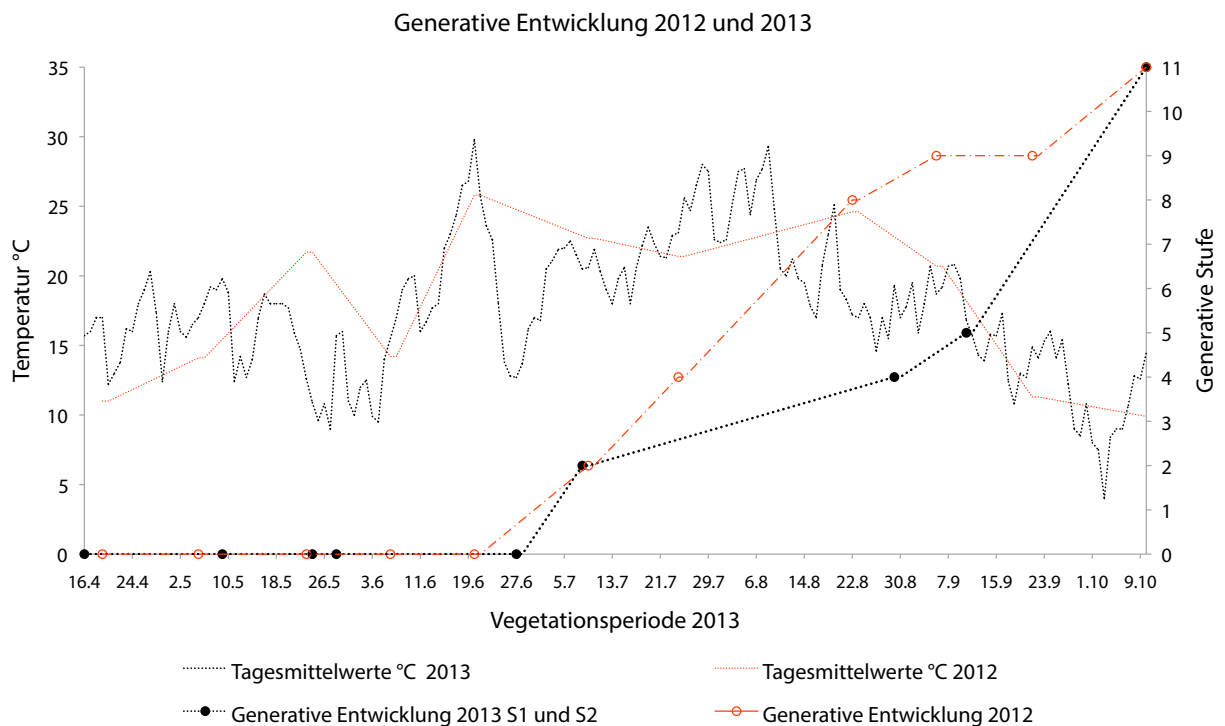


Abbildung 36: Generative Entwicklung von *Solidago gigantea*. Unterschiede zwischen 2012 und 2013

5.8 Diasporenbankuntersuchung

Wie aus Tabelle 10 ersichtlich sind auf Standort 1 laut Hochrechnung mehr Samen als auf Standort 2 vorhanden. Am Ufer sind pro m² insgesamt 468 Samen zu finden. Von dieser Anzahl ist der größte Anteil mit 416 Samen in der obersten Bodenschicht (0-5cm) zu finden. In einer Tiefe von 5-10cm sind pro m² noch 39 Samen und in der tiefsten untersuchten Schicht (10-20cm) noch 13 Samen. Von den gefundenen Samen haben 12 gekeimt, das einer Hochrechnung von 156 Samen pro m² entspricht. 15 der insgesamt 36 Samen waren tot (195 pro m²) und 9 waren dormant (117 pro m²).

Auf Standort 2 sind pro m² insgesamt 195 Samen zu finden, davon rund 145 pro m² in der geringsten Tiefe von 0-5cm. In einer Tiefe von 5-10cm befinden sich laut Hochrechnung 45 Samen pro m² und in einer Tiefe von 10- 20cm lediglich eine Summe von 5 Samen pro m². Von den gefundenen 39 Samen haben 19 gekeimt (95 pro m²), 15 (85 pro m²) waren tot und 3 (15 pro m²) verblieben dormant.

Tabelle 10: Diasporenbankauswertung von Standort 1 und Standort 2

STANDORT 1						
Flächen	Tiefe (cm)	Anzahl	gekeimt	tot	rosa (lebend)	hochgerechnet
A-G	0-5	32	11	12	9	416
A-G	5-10	3	0	3	0	39
A-G	10-20	1	1	0	0	13
Σ gefundene Samen		36	12	15	9	468
Σ hochgerechnet		468	156	195	117	

STANDORT 2						
Flächen	Tiefe (cm)	Anzahl	gekeimt	tot	rosa (lebend)	hochgerechnet
A-G	0-5	29	14	12	3	145
A-G	5-10	9	4	5	0	45
A-G	10-20	1	1	0	0	5
Σ gefundene Samen		39	19	17	3	195
Σ hochgerechnet		195	95	85	15	

Diasporenbankuntersuchung

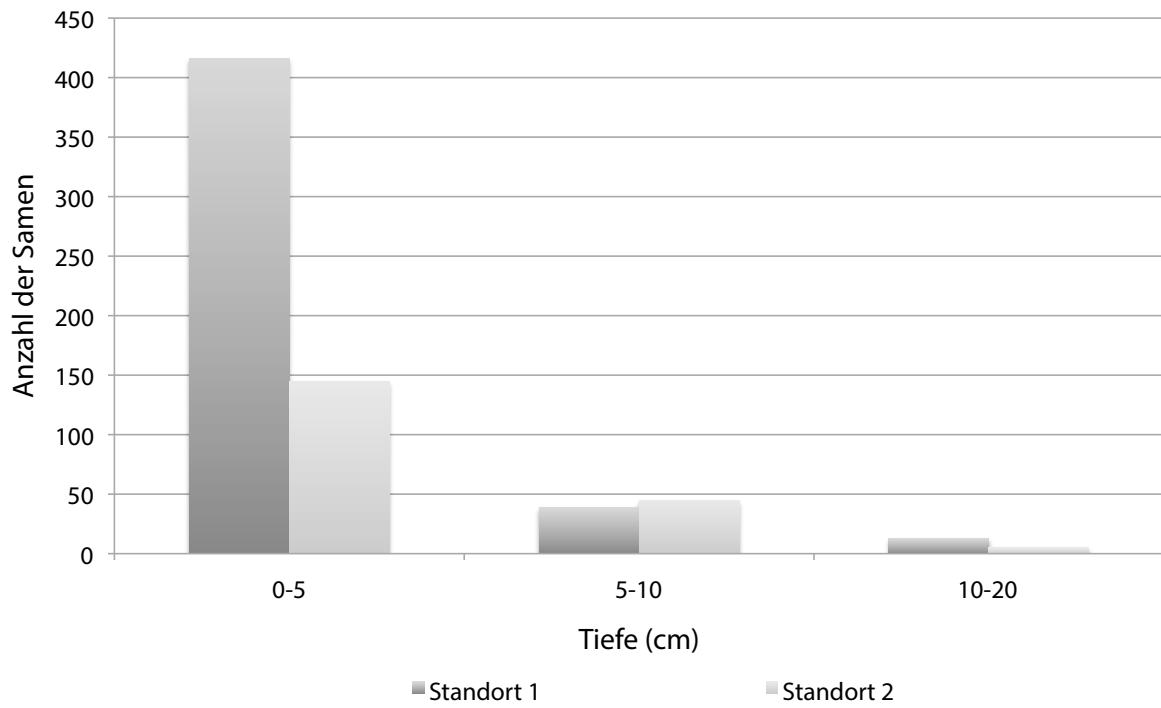


Abbildung 37: Verteilung der Samen (hochgerechnet) von *Solidago gigantea* in Abhängigkeit der Bodentiefe (cm)

5.9 Hochwasser 2013

Anfang Juni 2013 standen die Versuchsflächen des Standortes am Ufer und des Waldes aufgrund des Hochwassers unter Wasser. Die Abbildung 38 zeigt die generative Entwicklung der Kontrollfläche und die Erhebungen aus dem Jahr 2012. Als Vergleich dazu, ist der Zeitraum des Hochwassers eingetragen.

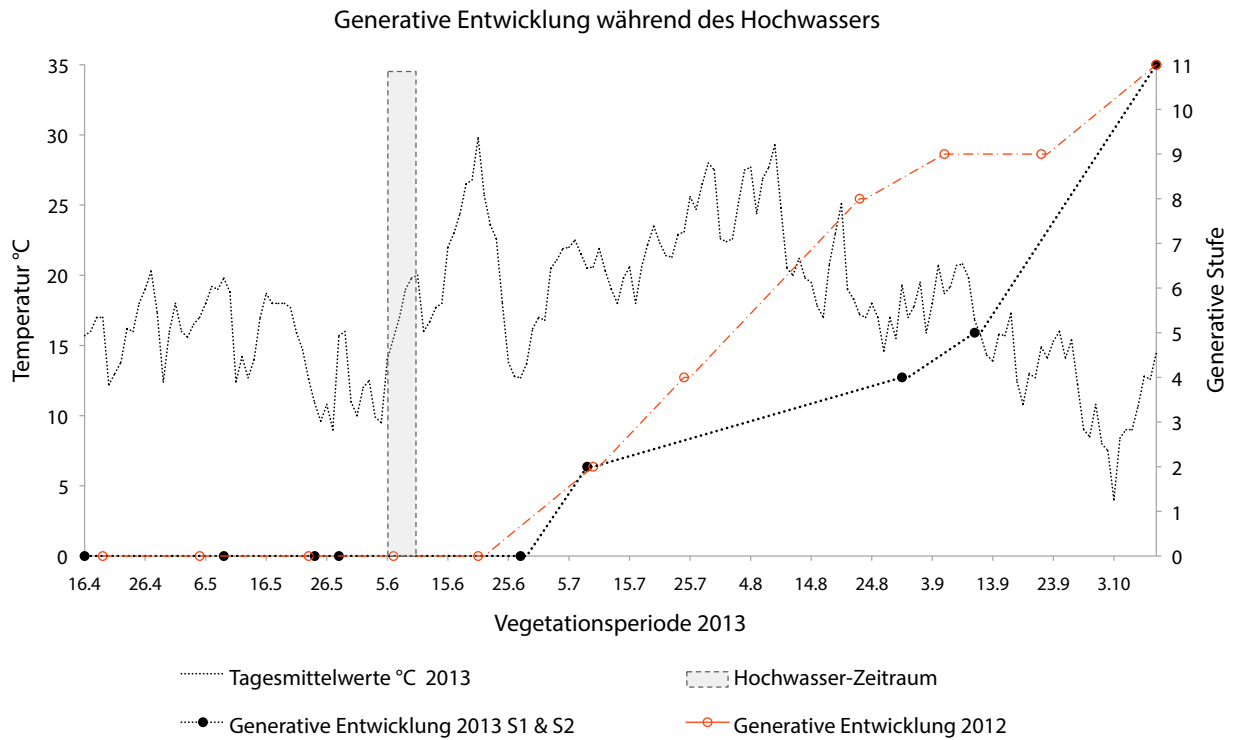


Abbildung 38: Generative Entwicklung der Versuchsflächen auf Standort 1 und 2 in Abhängigkeit des Hochwassers 2013.

Die Abbildung 39 zeigt die vegetative Entwicklung der Kontrollfläche und die Erhebungen aus dem Jahr 2012. Als Vergleich dazu ist der Zeitraum des Hochwassers eingetragen.

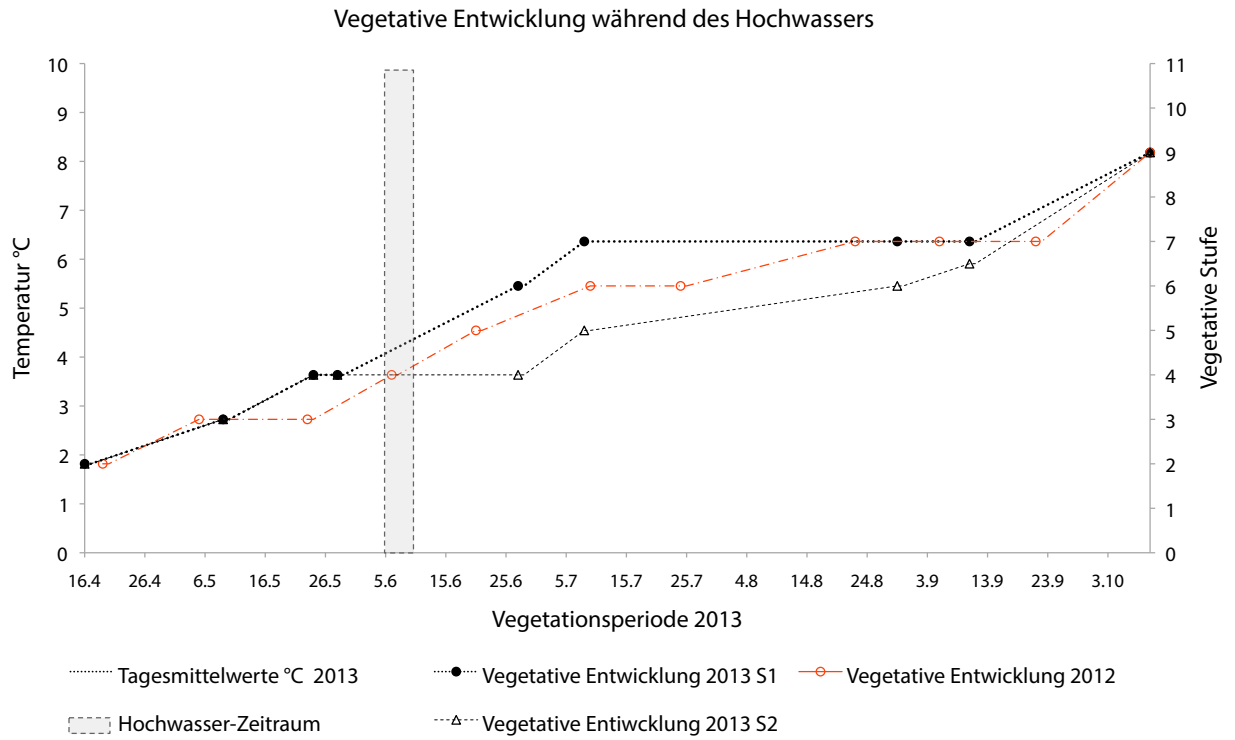


Abbildung 39: Vegetative Entwicklung der Versuchsfächen auf Standort 1 und 2 in Abhängigkeit des Hochwassers 2013

6. Diskussion

Der renaturierte Mündungsabschnitt, der im Zuge des LIFE+ Projektes „Lebensraum im Mündungsabschnitt des Flusses Traisen“ entstehen soll, bringt vielerlei Veränderungen für die Pflanzen- und Tierwelt mit sich (Schmalfuß 2010). Dabei stellt sich die Frage inwieweit auch Neophyten von diesen Bauarbeiten und zukünftigen Lebensraum betroffen sind bzw. wie ihre weitere Entwicklung aussieht (Brunner und Krüsi 2011). Laut den Untersuchungen von Brunner und Krüsi (2007), die die Renaturierung der Thur untersuchten, besiedeln Neophyten renaturierte Teilabschnitte stärker, als nicht renaturierte Abschnitte.

Die Managementmaßnahmen, die auf den verschiedenen Flächen durchgeführt wurden, erreichten alle eine Abnahme der Dichte von *Solidago gigantea*. Allerdings unterscheidet sich vor allem die vegetative Entwicklung, aber auch die generative Entwicklung von *Solidago gigantea* stark zwischen den verschiedenen Mahdregimen.

Dabei stellt sich zunächst die Frage welches Endstadium an Abundanz und phänologischer Entwicklung angestrebt wird. Wenn das Ziel verfolgt wird, das Vorkommen an *Solidago gigantea* zu verringern, eignen sich andere Mahdregime, als wenn beispielsweise ein differenziertes und erhöhtes Auftreten der Begleitflora angestrebt wird. Dabei kann es durchaus vorkommen, dass die Dichte von *Solidago gigantea* durch die Anwendung eines Mahdregimes drastisch sinkt, der Gesamtdeckungsgrad jedoch auch ein rasantes Abnehmen verzeichnet. Es gilt deshalb abzuwägen, welche Prioritäten im Vordergrund stehen. Wird eine erhöhte Diversität angestrebt, kann das, laut den Versuchen, jedoch zu einer erneuten Blüte und demnach auch zu einer Samenreife führen.

Auch kommt die Frage auf, ob es zielführender wäre verschiedene Mahdregime öfter durchzuführen bzw. unterschiedliche Regime miteinander zu verbinden und somit das Endresultat zu verbessern.

Die verschiedenen Vor- und Nachteile der jeweiligen Mahdregime, die phänologische Entwicklung, die Diasporenbankuntersuchung und ein möglicher Zusammenhang mit dem Hochwasser sollen in den folgenden Punkten erläutert werden. Auch die möglichen Unterschiede der Ergebnisse zwischen den beiden Standorten, einerseits am Ufer, andererseits im Wald, sollen aufgezeigt werden. Die Ergebnisse der Untersuchung sollen auch als Empfehlung für die Renaturierungsmaßnahmen gelten.

6.1 Einfluss der Mahdregime auf die Entwicklung von *Solidago gigantea* und dessen Begleitflora

Man kann prinzipiell davon ausgehen, dass die Auswirkungen der verschiedenen Mahdregime vor allem dadurch gekennzeichnet sind, dass *Solidago gigantea* auf die unterschiedlichsten Störungen, mit einem erneuten Austrieb reagiert (Hartmann et al. 1995). *Solidago gigantea* reagiert als Neophyt in Europa stärker mit vegetativer Vermehrung, als die heimische Art in Amerika (Koutika et al. 2010, Jakobs et al. 2004). Dies hat zur Folge, dass *Solidago gigantea*, vor allem auf den Flächen mit Mahdregimen „Fräsen“, „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ und „Frühe Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ nach der jeweilig angewandten Managementmaßnahme, wieder an Deckung zunimmt.

STANDORT UFER (S1)

Auf den Versuchsflächen, auf denen gefräst wurde, ist auffallend, dass die Deckung von *Solidago gigantea* nach dem Fräsen wieder rasant anstieg, im Laufe der Vegetationsperiode jedoch wieder sank. Das könnte darauf zurückzuführen sein, dass durch das Fräsen Pflanzenarten aufkamen, die vor der Bearbeitung auf den Flächen noch nicht vorhanden waren (Hartmann et al. 1995). Dadurch könnte *Solidago gigantea* unter einem höheren Konkurrenzdruck gestanden haben (Hartmann und Konold 1995). Die Artenanzahl stieg auf den gefrästen Flächen von anfänglich 9 Arten auf 15 Arten. Einige der etablierten Arten, waren bereits vor der Bearbeitung mit der Fräse vorhanden und waren im Herbst oft noch stärker vertreten (mit 17,5%), wie *Phalaris arundinacea*. Allerdings kamen auch eine Reihe „neuer“ Arten vor, wie beispielsweise *Chenopodium album*, *Erysimum cheiranthoides*, *Gallium mollugo*, *Persicaria brittingeri*, *Setaria pumilla* oder *Tanacetum vulgare*. Durch die Bekämpfungsmaßnahmen erhöhte sich auch das Lichtangebot, dadurch konnte sich die standorttypische Vegetation teilweise wieder erholen (Aschauer et al. 2014). Im Vergleich dazu steht die Kontrollfläche, auf der die Artenanzahl sogar leicht abnahm (siehe Tabelle 11).

Auf den Versuchsflächen, die früh und spät gemäht wurden und bei denen das Mähgut liegengelassen wurde und die sich ebenfalls an der Uferböschung befanden, hat die Artenanzahl durch die Bearbeitung von 10 auf 6 verschiedene Arten abgenommen. Dies bedeutet, dass auf den früh und spät gemähten Flächen von Standort 1, die Artenanzahl sank und die Deckung von *Solidago gigantea* erneut einen Prozentsatz von 87,5% erreichte. Auf den Flächen die gefräst wurden, konnte die Artenzahl deutlich gesteigert werden, die Deckung von *Solidago gigantea* nahm ab und im Gegenzug dazu stieg die Deckung der Begleitflora auf 30%. Allerdings erreicht *Solidago gigantea* auf den Flächen, die gefräst wurden eine relativ hohe Stufe an phänologischer Entwicklung, die höchste vegetative, als auch generative Entwicklung aller Mahdregime. Dies bedeutet, dass *Solidago gigantea* auf den Flächen, die gefräst wurden, zwar abnimmt und die Begleitflora zunimmt, *Solidago gigantea* jedoch erneut die Stufe der Blüte und auch die Stufe der Samenreife erreichte.

STANDORT WALD (S2)

Das Entwicklungsbild der Versuchsf Flächen, die im Wald angelegt wurden, sieht etwas anders als jenes am Ufer aus. Generell nahm auf allen Flächen, die im Wald angelegt wurden, die Artenanzahl zu (siehe Tabelle 11). Die Kontrollfläche startete dabei mit der geringsten Artenanzahl von 7 und konnte diese Anzahl auf maximal 10 erhöhen. Die bearbeiteten Flächen hatten bereits vor den Managementmaßnahmen eine höhere Artenanzahl. Prozentual gesehen hat sich jedoch die Anzahl an Arten auf fast allen Flächen um ca. 40% erhöht. Vor allem konnte sich Gehölze etablieren, die *Solidago gigantea* unter einen höheren Konkurrenzdruck stellten.

Die gesamte Pflanzengesellschaft erholt sich im Wald nach den verschiedenen Mahdregimen generell langsamer als am Ufer, das sicherlich auf die dort typischen Standortbedingungen zurückzuführen ist, wie beispielsweise geringere Temperatur und Lichtvorkommen (Aschauer et al. 2014). So erreichen die Flächen am Ende der Vegetationsperiode, die auf beiden Standorten früh und spät gemäht wurden und das Mähgut liegengelassen wurde, im Wald einen Gesamtdeckungsgrad von gerade mal 46% und am Ufer von immerhin 98,5%. Dabei wurde auf beiden Standorten der Großteil der Gesamtdeckung von *Solidago gigantea* getragen.

Ein besonderer Unterschied besteht auch zwischen den Mahdregimen, bei denen das Mähgut einerseits entfernt, andererseits liegengelassen wurde. Auf den Flächen auf denen das Mähgut liegengelassen wurde, konnten sich *Solidago gigantea*, als auch dessen Begleitflora viel stärker erholen, als auf den Flächen, auf denen das Mähgut entfernt wurde. So konnte *Solidago gigantea* auf den Flächen, auf denen das Mähgut liegengelassen wurde, eine Deckung von bis 87,5% erreichen. Auf den Flächen, auf denen das Mähgut entfernt wurde, konnte nur eine Deckung von unter 3% festgestellt werden. Auf den Flächen, die der späten Mahd unterzogen wurden, konnte *Solidago gigantea* sogar vollkommen verdrängt werden. Dabei ist aber daraufhinzuweisen, dass Anfang Herbst weder *Solidago gigantea*, noch die restlichen Pflanzenarten die Möglichkeit einer Regeneration hatten.

Tabelle 1: Überblick über die Veränderung der Deckung von *Solidago gigantea*, der Deckung der Begleitflora, Artenanzahl, generative und vegetative Entwicklung im Laufe der Vegetationsperiode

Mahdregime	FRÜHJAHR						SOMMER						HERBST					
	D S.g	D.B.	Az	G	V		D S.g	D.B.	Az	G	V		D S.g	D.B.	Az	G	V	
STANDORT 1																		
Kontrollfläche	87,5%	11,75%	7	0	3		87,5%	1,75%	6	4	7		87,5%	2,25%	6	9	11	
Frühe & späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes	87,5%	10,66%	10	0	3		30,8%	7,25%	8	0	3		87,5%	11%	6	0	3	
Fräsen	87,5%	9,25%	9	0	3		30,8%	16,4%	15	0	3,5		24,1%	30%	12	5,5	6	
STANDORT 2																		
Kontrollfläche	87,5%	7,25%	7	0	3		87,5%	2,5%	10	4	6		87,5%	2,25%	9	9	11	
Frühe & späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes	87,5%	2,25%	13	0	3		13,3%	6,79%	18	0	2		29,5%	17,1%	13	0	2	
Frühe Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes	87,5%	6%	13	0	3		64,1%	3,4%	18	0	2		58,5%	2,75%	16	0	2	
Frühe Mahd mit Entfernen des Mähgutes	87,5%	11%	14	0	3		0,25%	3,33%	19	0	2		0,41%	2,75%	18	0	2	
Späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes	87,5%	7,25%	16	0	3		87,5%	3,33%	19	3	5		0,41%	1,83%	13	0	3	
Späte Mahd mit Entfernen des Mähgutes	87,5%	7%	11	0	3		87,5%	2,8%	15	3	5		0%	1,5%	9	0	0	

D S.g.: Deckungsgrad von *Solidago gigantea*

D B.: Deckungsgrad der Begleitflora

Az: Artenanzahl

G: Generative Stufe

V: Vegetative Stufe

6.2 Phänologische Entwicklung von *Solidago gigantea*

Zur Analyse der phänologischen Entwicklung werden vor allem die beiden Kontrollflächen als Referenzflächen herangezogen. Bei fast allen Mahdregimen verblieb die generative Entwicklung nach der Anwendung des jeweiligen Mahdregimes auf 0. Das Mahdregime „Fräsen“ stellt hierbei die einzige Ausnahme dar. Am Ende der Vegetationsperiode, am 10.10.13, konnten auf den 3 Versuchsflächen, auf denen gefräst wurde, generative Stufen von 4-7 erhoben werden, das einem durchschnittlichen Wert von 5,5 entspricht. Dies bedeutet, dass *Solidago gigantea* auf diesen Flächen in einer beginnenden Blüte bzw. bereits in Vollblüte standen. Im Vergleich dazu verzeichnete *Solidago gigantea* auf der Versuchsfläche bereits ein Stadium von 11. Die Flächen, die am Ufer früh und spät gemäht wurden und den selben Umweltbedingungen ausgesetzt waren, waren weit weniger entwickelt. So hatte *Solidago gigantea* auf diesen Flächen ein generatives Stadium von 0.

Auch die vegetative Entwicklung war auf den gefrästen Flächen deutlich höher als auf allen anderen Versuchsflächen. So konnte auf den gefrästen Flächen am 10.10.13 ein vegetatives Stadium von 6 erhoben werden. Auf den restlichen Versuchsflächen bewegte sich dieser Wert bis maximal Stufe 3. Dabei liegt die vegetative Entwicklung am Ufer etwas höher als im Wald, das sicherlich mit dem feuchten und sonnigen Standort zusammenhängt (Botta-Dukát und Dancza 2001).

Bei dem Mahdregime „Späte Mahd mit Entfernen des Mähgutes“ war die generative als auch vegetative Entwicklung am 10.10.13 auf Stufe 0.

6.2.1 Phänologische Entwicklung von *Solidago gigantea* im Vergleich zu 2012

Betrachtet man die generative und vegetative Entwicklung von *Solidago gigantea* in den Jahren 2012 und 2013 in Abhängigkeit der Tagesmittelwerte, ist auffallend, dass die generative Entwicklung von *Solidago gigantea* 2012 ab Juli deutlich schneller verlief. Anfang Oktober erreichten *Solidago gigantea* im Jahr 2012 und 2013 jedoch beide das Austreuen der Samen mit Stufe 11. Die Hochsommermonate verliefen im Jahr 2012 außerdem etwas gemäßiger. 2013 verliefen die Monate Juli und August deutlich wärmer. Diese Wärme und Trockenheit mindert die Wuchskraft und Entwicklung von *Solidago gigantea* (Botta-Dukát und Dancza 2001).

Die vegetative Entwicklung verlief 2013 ähnlich wie 2012. Dabei lag die Entwicklung von 2012 zwischen der Entwicklung der beiden Standorte im Jahr 2013.

6.3 Hochwasser HW100

Das Hochwasser Anfang Juni nahm wenig Einfluss auf die Entwicklung von *Solidago gigantea*. Es konnten weder Sandablagerungen noch Holzeintrag festgestellt werden. Die generative Entwicklung, die zu diesem Zeitpunkt, noch nicht begonnen hatte, wurde von dem Hochwasser nicht negativ beeinflusst. Die vegetative Entwicklung hingegen stagnierte auf Standort 1 nach dem Hochwasser für etwa 3 Wochen auf Stufe 4. 2012 war die vegetative Stufe zum selben Zeitpunkt deutlich höher. Die vegetative Entwicklung am Ufer wurde nicht gehemmt, sie lag sogar über der Entwicklung aus dem Jahr 2012.

Auch die Artenzusammensetzung verblieb nach dem Hochwasser gleich wie bei der letzten Bestandsaufnahme vor dem Hochwasser. Außerdem nahm weder der Gesamtdeckungsgrad noch der Deckungsgrad von *Solidago gigantea* ab.

6.4 Diasporenbankuntersuchung

Die Diasporenbankuntersuchung ergab, dass sowohl am Ufer als auch im Wald der größte Anteil an Diasporen in einer Tiefe von 0-5cm zu finden ist. Dennoch scheint die Anzahl von 416 Samen pro m² bzw. 145 Samen pro m² in einer Tiefe von 0-5cm relativ wenig, wenn man bedenkt, dass pro Stengel von *Solidago gigantea* eine Summe von 19000 Samen vorkommen (Starfinger et al. 2003). Jedoch besitzt *Solidago gigantea* ein geringes Potential eine Samenbank auszubilden (Hartmann und Konold 1995). Trotzdem ist die Tatsache, dass sich in der obersten Bodenschicht die meisten Samen befinden, ein entscheidender Hinweis darauf, dass bei der Renaturierung die oberste Bodenschicht abgetragen wird. Außerdem keimen die Samen nur schwer (Brunner und Krüsi 2011). Von den gefundenen Samen keimte im Keimtest nur knapp die Hälfte und ein Großteil der Samen kann als tot eingestuft werden.

6.5 Methodenkritik

Da eine Ausbreitung und eine Vergrößerung des Bestandes von *Solidago gigantea* verhindert werden soll, ist das Mahdregime „Fräsen“ auf die phänologische Entwicklung bezogen, nicht vorteilhaft. Um die Diversität an Pflanzenarten zu erhöhen, ist das Mahdregime Fräsen jedoch anstrebenswert. Um die relativ hohe Stufe an generativer Entwicklung auf den gefrästen Flächen zu verhindern und dennoch das Aufkommen neuer Arten zu fördern, könnte zu einem späteren Zeitpunkt gefräst werden oder das Mahdregime „Fräsen“ um eine spätere Mahd erweitert werden. Außerdem könnte auf den gefrästen Flächen nach der Bearbeitung auch eingesät werden. In den Versuchen von Hartmann et al. (1995) können durch die Einsaat im Vergleich zu keiner Einsaat wesentliche Unterschiede festgemacht werden. Der *Solidago gigantea* Bestand konnte mit Einsaat innerhalb von 5 Jahren um -99% gesenkt werden.

Auch nimmt die Deckung von *Solidago gigantea* auf den Flächen, die früh und spät gemäht wurden und auf denen das Mähgut liegengelassen wurde, wieder stark zu. Dies geschieht auf Standort 1 auf allen 3 Versuchsflächen. Auf Standort 2, im Wald, steigt die Deckung von *Solidago gigantea* lediglich auf einer Fläche auf 87,5% an. Dieses Mahdregime eignet sich demnach nicht für jeden Standort mit unterschiedlichen Umweltfaktoren. Für den Neophyten *Solidago gigantea*, der vorwiegend an Uferböschungen, sonnigen und feuchten Standorten wächst (Hartmann 1995) ist dieses Mahdregime weniger geeignet.

Ein entscheidender Unterschied ist zwischen den Mahdregimen zu finden, bei denen das Mähgut liegengelassen bzw. entfernt wurde. Auf den Flächen, auf denen das Mähgut entfernt wurde, hat *Solidago gigantea* weniger Möglichkeiten sich zu erholen. Ist wahrscheinlich auf den daraus resultierenden Lichtmangel zurück zu führen. Dabei müsste aber auf den Flächen, die spät gemäht wurden, im Frühjahr 2014 erneut kontrolliert werden, ob es einen erkennbaren Unterschied zwischen Liegenlassen und Entfernen des Mähgutes gibt bzw. ob sich die Deckung von *Solidago gigantea* verändert hat.

Generell müssten alle Mahdversuche wiederholt werden, um eindeutig festzustellen welches Mahdregime am effektivsten ist. Dabei könnte beispielsweise das Mahdregime „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ um Versuchsflächen erweitert werden, auf denen das Mähgut entfernt wird. Bekämpfungsmaßnahmen können zunächst zu einer quantitativen Vermehrung von *Solidago gigantea* führen, deshalb müssen Maßnahmen über mehrere Jahre vorgenommen werden (Hartmann und Konold 1995).

Generell kann man jedoch sagen, dass keines der Mahdregime *Solidago gigantea* vollkommen verdrängt hat – bis auf das Regime „Späte Mahd“ (müsste erneut kontrolliert werden) – alle Managementmaßnahmen jedoch die Wuchskraft und die Entwicklung von *Solidago gigantea* gehemmt haben.

6.6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Grundsätzlich ist bei allen Mahdregimen zu beachten, dass *Solidago gigantea* ein großes Potential hat, nach Störungen aus oberirdischen Stängelknospen, als auch aus Rhizomknospen auszutreiben. Deshalb sollten die Bestände von *Solidago gigantea* bei Mahd möglichst kurz geschnitten werden (Harmtann und Konold 1995).

Prinzipiell müssen die Pflegemaßnahmen an die jeweiligen Standortbedingungen angepasst haben. So wirkt das selbe Mahdregime im Wald anders als am Ufer.

Auch wenn die verschiedenen Mahdregime *Solidago gigantea* nicht vollständig verdrängen konnten, kann durch das gezielte Anwenden von Managamentmaßnahmen der problematische Neophyt derart geschwächt werden, dass sich andere Arten etablieren können (Aschauer et al. 2014).

So kann das Mahdregime Fräsen empfohlen werden, wenn ein heterogener Bestand auf dieser Fläche angestrebt wird. Soll *Solidago gigantea* drastischer zurückgedrängt werden, empfiehlt sich eine frühe Mahd mit Entfernen des Mähgutes. Außerdem zeigte sich im Zuge dieser Masterarbeit, dass eine Mahd im Gegensatz zum Fräsen ökonomischer ist.

Die Diasporenbank zeigt zwar im Verhältnis zur potenziellen Mengen an Samen pro Stängel, ein geringes Potential, dennoch sollte durch die Renaturierungsmaßnahmen entlang der Traisen, die oberste Bodenschicht abgetragen werden. Im Laufe der Renaturierung sollte auch berücksichtigt werden, dass kurzanhaltende Überschwemmungen wenig Einfluss auf den Bestand und die Entwicklung von *Solidago gigantea* haben. Da der rückgebaute Teilabschnitt der Traisen wieder dem ursprünglichen Auegebiet angelehnt ist (Schmalfuß 2010), ist diese Erkenntnis über die Überschwemmungen zu berücksichtigen.

Auch etablieren sich laut den Untersuchungen von Brunner und Krüsi (2011) an der Thur Neophyten auf stark renaturierten und veränderten Flussabschnitten stärker, als auf wenig veränderten Teilabschnitten. Während dieses Versuches war *Solidago gigantea*, der am stärksten dominierende Neophyt auf renaturierten Transekten (Brunner und Krüsi 2011).

7. Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass das Mahdregime „Frühe Mahd mit Entfernen des Mähgutes“ *Solidago gigantea* am effektivsten zurückdrängt. Das Mahdregime „Fräsen“ hingegen den heterogensten Bestand aufweist und die größte Wandlung auf die Diversität bezogen, durchmachte.

Die Bekämpfungsmaßnahmen müssen auf die unterschiedlichen Standorte abgestimmt sein und auch von der Abundanz von *Solidago gigantea* abhängig sein. Die Versuche sollten über mehrere Jahre angewandt werden und von einem Monitoring begleitet sein. Außerdem könnten Mahdregime über Jahre hinweg leicht verändert werden, so soll ein zweimaliges Mähen nach einigen Jahren auf eine Mahd reduziert werden (Hartmann und Konold 1995). Durch die Verdrängung von *Solidago gigantea* haben andere Pflanzenarten die Möglichkeit relativ konkurrenzstark gegen den bekämpften Neophyten zu wirken.

Bei den Renaturierungsmaßnahmen ist auf jeden Fall zu beachten, dass sich *Solidago gigantea* auf veränderten Uferabschnitten stark ausbreitet und etabliert (Brunner und Krüsi 2011). Dem entgegenwirkend soll die oberste Bodenschicht, die den höchsten Anteil an Diasporenbank von *Solidago gigantea* beherbergt, abgetragen werden, um das erneute Aufkommen von *Solidago gigantea* zu hemmen.

8. Quellenverzeichnis

- Aschauer, M., Grabher, M. & Loacker, I. (2014). Goldruten in Extensivflächen (Magerwieser, Streuwiesen) Vegetationsentwicklung nach Pflegemaßnahmen (Frühschnitt) Ergebnisse eines sechsjährigen Monitorings. UMG Büro Grabher.
- Auge H., Klotz, S., Prati, D. & Brandl, R. Die Dynamik von Pflanzeninvasionen: ein Spiegel grundlegender ökologischer und evolutionsbiologischer Prozesse. In: Reichholf, J., Hrsg. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 22, Gebietsfremde Arten, die Ökologie und der Naturschutz, München: Dr. Friedrich Pfeil, 40-58.
- Bernhardt, K. G. (1993). Untersuchungen zur Besiedelung und Dynamik der Vegetation von Sand- und Schlickpionierstandorten. Diss. Berlin- Stuttgart. J. Cramer.
- Bernhardt, K. G., Koch, M., Kropf, M., Ulbel, E., & Webhofer, J. (2008). Comparison of two methods characterising the seed bank of amphibious plants in submerged sediments. *Aquatic botany*, 88, 171-177.
- Botta-Dukát, Z. & Dancza, I. (2001). Effect of Weather conditions on the growth of *Solidago gigantea*. *Plant invasions: Species Ecology an Ecosystem Management*, 47-54.
- Brunner, B. & Krüsi, B. (2011). Neophytenkartierung an der Thur: Wachsen auf den renaturierten Flussabschnitten mehr gebiets- fremde Pflanzenarten?. *Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft*, 65, 67-75.
- Cappers R.T.J., Bekker R.M. & Jans J.E.A. (2006). *Digitale Zadenatlas van Nederland / Digital Seed Atlas of the Netherlands*.
- Dierschke, H. (1994). *Pflanzensoziologie Grundlagen und Methoden*. Stuttgart: Ulmer.
- Drescher, A. & Egger, G. (2000). Die Vegetation der Traisenaue zwischen Altmannsdorf und Traismauer (Niederösterreich). *Wissenschaftliche Mitteilung Niederösterreichisches Landesmuseum, St. Pölten*, 13, 179-244.
- Essl, F., & Rabitsch, W. (2002). *Neobiota in Österreich*. Umwelt Bundesamt.
- Gigon, A. & Weber, E., (2005). *Invasive Neophyten in der Schweiz: Lagebericht und Handlungsbedarf*. Geobotanisches Institut, ETH Zentrum, Zürich.

- Grabher, M. (2013). Aktionsprogramm Neophyten und Kreuzkräuter in Vorarlberg. Amt der Vorarlberger Landesregierung.
- Haber, W., (2001). Verhalten von Neophyten und Neozoen in für sie neuen Lebensräumen. In: Reichholf, J., Hrsg. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 22, Gebietsfremde Arten, die Ökologie und der Naturschutz, München: Dr. Friedrich Pfeil, 29-40.
- Haberreiter, B. (2003). Natura 2000-Managementplan Tullnerfelder Donauauen. ARGE.
- Hartmann, E. & Konold, W. (1995). Späte und kanadische Goldrute (*Solidago gigantea* et *canadensis*): Ursachen und Problematik ihrer Ausbreitung sowie Möglichkeiten ihrer Zurückdrängung. In: Böcker, R., Gebhardt, H., Konold, W. & Schmidt-Fischer, S. Gebietsfremde Pflanzenarten. Auswirkungen auf einheimische Arten, Lebensgemeinschaften und Biotope. Kontrollmöglichkeiten und Management. Böcker. 93-104.
- Hartmann, E., Schuldes, H., Kübler, R. & Konold, W. (1995). Neophyten. Biologie, Verbreitung und Kontrolle ausgewählter Arten. Lansberg. Ecomed.
- Heger, T. & Trepl, L. (2001). Was macht Arten „invasiv“.. In: Reichholf, J., Hrsg. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 22, Gebietsfremde Arten, die Ökologie und der Naturschutz, München: Dr. Friedrich Pfeil, 99-110.
- Jakobs, G., Weber, E. & Edwards P.J. (2004). Introduced plants of the invasive *Solidago gigantea* (Asteraceae) are larger and grow denser than conspecifics in the native range. *Diversity and Distributions*, (Diversity Distrib.), 10, 11–19.
- Kinzelbach, R., (2001). Das Jahr 1492: Zeitwende für Flora und Fauna?. In: Reichholf, J., Hrsg. Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 22, Gebietsfremde Arten, die Ökologie und der Naturschutz, München: Dr. Friedrich Pfeil, 15-27.
- Koutika, L.S., Rainey, H.J. & Dasonville, N. (2010). Impacts of *Solidago gigantea*, *Prunus serotina*, *Heracleum Mantegazzianum* and *Fallopia japonica* invasions on ecosystems. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9(1), 73-83.
- Lapin, K. (2014). Plant invasion. The impact of invasive plant species on on plant diversity of riparian habitats. The ecological effect and options for actions, focusing on the restoration of running water and the management of protected areas. Diss. Universität für Bodenkultur.

Rich, P. R., Mischis, L. A., Purton, S., & Wiskich, J. T. (2001). The sites of interaction of triphenyltetrazolium chloride with mitochondrial respiratory chains. *FEMS microbiology letters* 181-187.

Schmalfuß, R. (2010). LIFE+ Lebensraum im Mündungsabschnitt des Flusses Traisen. UVE-Kurzzusammenfassung: VERBUND – Austrian Hydro Power AG.

Starfinger, U. & Kowarik, I. (2003). *Solidago gigantea* Aiton. (Asteraceae), Späte Goldrute. Institut für Ökologie der TU Berlin. Verfügbar in: <http://www.neobiota.de/12623.html> [Abfrage am 30.März 2013].

Stöcklin, J., Schaub, P., Ojala, O., (2003). Häufigkeit und Ausbreitungsdynamik von Neophyten in der Region Basel: Anlass zur Besorgnis oder Bereicherung?. *Bauhinia*, 17, Neophyten in der Flora von Basel, 11-23.

Weber, E. & Jakobs G. (2004). Biological flora of central Europe: *Solidago gigantea* Aiton. *Flora-Morphology, Functional Ecology of Plants* 200(2): 109-118.

Wildi, O. (2010). *Data analysis in vegetation ecology*. Wiley-Blackwell.

Internetquelle:

noel.gv, 2014: Verfügbar in :http://atlas.noel.gv.at/webgisatlas/%28S%28qzpx1onmp5uobvjrl05binw%29%29/init.aspx?k arte=atlas_hochwasser&cms=atlas_wasser [Abfrage am 19.Jänner 2014].

9. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Standort der Versuchsflächen im Zuge dieser Arbeit. (S1: Uferstandort, S2: Standort im Wald) (Google Earth 2014).....	5
Abbildung 2: Visionäres Bild der neuen Traisen im Vergleich zu dem regulierten Abschnitt (Verbund AG, 2014).....	6
Abbildung 3: Herbarbeleg <i>Solidago gigantea</i> (Bernhardt 2012)	7
Abbildung 4: Links: Austrieb nach Mahd im Juni, rechts: Austrieb aus Rhizomen.	9
Abbildung 5: Versuchsaufbau von Standort 1 am Ufer	13
Abbildung 6: Versuchsaufbau von Standort 2 im Wald.....	14
Abbildung 7: Übersicht der verschiedenen Mahdregime, aufgeteilt auf die zwei unterschiedlichen Standorte (Ufer und Wald).....	15
Abbildung 8: Zeigt die vegetative und generative Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i>	18
Abbildung 9: Überflutungsgebiet des HW100 der Donau und Traisen am 05.06.13 (noel.gv.at, 2014)	19
Abbildung 10: Zeigt die Wasserstandmessungen der Donau zum Zeitpunkt des HW100..	20
Abbildung 11: Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> und dessen Begleitflora in Abhängigkeit zur Gesamtdeckung auf der Kontrollfläche des Standortes 1 (Ufer).....	24
Abbildung 12: Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> und dessen Begleitflora in Abhängigkeit zur Gesamtdeckung auf Standort 2 (Wald).....	25
Abbildung 13: Verlauf der Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> während des Mahdregimes „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf 3 Versuchsflächen im Vergleich zur Gesamtdeckung auf dem Standort Ufer..	26
Abbildung 14: Verlauf der Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> während des Mahdregimes „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf 3 Versuchsflächen im Vergleich zur Gesamtdeckung auf dem Standort Wald.....	27

Abbildung 15: : Verlauf der Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> während des Mahdregimes „Fräsen“ auf 3 Versuchsflächen im Vergleich zur Gesamtdeckung auf dem Standort Ufer.	28
Abbildung 16: Veränderung der Pflanzenartenanzahl durch das Mahdregime Fräsen auf dem Standort Ufer	29
Abbildung 17: Verlauf der Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> während des Mahdregimes „Frühe Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf 3 Versuchsflächen im Vergleich zur Gesamtdeckung auf dem Standort Wald.	30
Abbildung 18: Verlauf der Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> während des Mahdregimes „Frühe Mahd mit Entfernen des Mähgutes“ auf 3 Versuchsflächen im Vergleich zur Gesamtdeckung auf dem Standort Wald.	31
Abbildung 19: Verlauf der Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> während des Mahdregimes „Späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf 3 Versuchsflächen im Vergleich zur Gesamtdeckung auf dem Standort Wald.	32
Abbildung 20: Verlauf der Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> während des Mahdregimes „Späte Mahd mit Entfernen des Mähgutes“ auf 3 Versuchsflächen im Vergleich zur Gesamtdeckung auf dem Standort Wald.	33
Abbildung 21: Vergleich des Mahdregimes „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ zwischen S1 und S2	34
Abbildung 22: Unterschied der Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> nach Anwendung zweier unterschiedlicher Mahdregime „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ und „Fräsen“ auf Standort Ufer	35
Abbildung 23: Vergleich des Mahdregime „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ und „Fräsen“	36
Abbildung 24: Vergleich aller Mahdregime auf dem Standort Wald	37
Abbildung 25: Vegetative Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> auf Standort 1 und 2	38
Abbildung 26: Generative Entwicklung der Kontrollflächen auf Standort 1 und Standort 2....	39

Abbildung 27: Vegetative und generative Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> in Abhängigkeit der Tagesmittelwerte	41
Abbildung 28: Vegetative und generative Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> : Mahdregime „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf Standort 1.....	42
Abbildung 29: Vegetative und generative Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> : Mahdregime „Frühe und späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“ auf Standort 2.....	43
Abbildung 30: Vegetative und generative Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> : Mahdregime „Fräsen“	44
Abbildung 31: Vegetative und generative Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> : Mahdregime „Frühe Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“	45
Abbildung 32: Vegetative und generative Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> : Mahdregime „Frühe Mahd mit Entfernen des Mähgutes“	46
Abbildung 33: Vegetative und generative Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> : Mahdregime „Späte Mahd mit Liegenlassen des Mähgutes“	47
Abbildung 34: Vegetative und generative Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> : Mahdregime „Späte Mahd mit Entfernen des Mähgutes“	48
Abbildung 35: Vegetative Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> . Unterschiede zwischen 2012 und 2013.....	50
Abbildung 36: Generative Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> . Unterschiede zwischen 2012 und 2013.....	51
Abbildung 37: Verteilung der Samen (hochgerechnet) von <i>Solidago gigantea</i> in Abhängigkeit der Bodentiefe (cm)	53
Abbildung 38: Generative Entwicklung der Versuchsflächen auf Standort 1 und 2 in Abhängigkeit des Hochwassers 2013.....	54
Abbildung 39: Vegetative Entwicklung der Versuchsflächen auf Standort 1 und 2 in Abhängigkeit des Hochwassers 2013.....	55

10. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verschiedene Mahdregime auf den Standorten Ufer (S1) und Wald (S2).....	12
Tabelle 2: Zeitpunkt der Durchführung der verschiedenen Mahdregime	12
Tabelle 3: GPS – Koordinaten von Standort 1 und 2	15
Tabelle 4: Deckungsgrad-Skala nach Braun-Blanquet (Dierschke 1994, modifiziert)	16
Tabelle 5: Vegetative Skala nach Dierschke (1994)	17
Tabelle 6: Generative Skala nach Dierschke (1994)	18
Tabelle 7: Transformation der Braun-Blanquet Tabelle (nach Wildi, 2010, 24, modifiziert)	22
Tabelle 8: Vergleich der generativen und vegetativen Entwicklung mit den Tagesmittelwerten (Quelle: Zamg).....	40
Tabelle 9: Phänologische Entwicklung von <i>Solidago gigantea</i> 2012 und 2013 (Quelle: ZAMG und Lapin 2014).....	49
Tabelle 10: Diasporenbankauswertung von Standort 1 und Standort 2.....	52
Tabelle 11: Überblick über die Veränderung der Deckung von <i>Solidago gigantea</i> , der Deckung der Begleitflora, Artenanzahl, generative und vegetative Entwicklung im Laufe der Vegetationsperiode	59