

Kurzfristige Effekte experimenteller Maßnahmen zur Eindämmung des Neophyten *Bunias orientalis* L.

Short-term effects of experimental measures to control the neophyte *Bunias orientalis* L.

Anne-Kristin Reise^{1,2}, Sandra Dullau^{1*} , Nele Adert¹,
Sabine Tischew¹  & Anita Kirmer¹ 

¹Hochschule Anhalt - University of Applied Sciences, Strenzfelder Allee 28, 06406 Bernburg, Germany;

²Centre NATURA 2000-Station Obere Saale, Mötzelbach 10, 07407 Uhlstädt-Kirchhasel, Germany

*Korrespondierende Autorin, E-Mail: sandra.dullau@hs-anhalt.de

Zusammenfassung

Das Orientalische Zackenschötchen (*Bunias orientalis* L.) ist in Deutschland ein invasiver Neophyt, der sich entlang von Weg-, Straßenrändern und Gräben ausbreitet, Ruderalflächen besiedelt und in Grünland einwandert. Bildet die Art Dominanzbestände, hat dies negative Auswirkungen auf die Artenvielfalt. Auch im Südwesten Sachsen-Anhalts ist die Art häufig anzutreffen und die Bestände nehmen deutlich zu, sodass geeignete Maßnahmen zur effektiven Bekämpfung notwendig sind. Die vorliegende Studie untersuchte im Sommer 2022 den Einfluss von fünf mechanischen Behandlungsvarianten (zweimaliges Ausstechen, dreimaliges Ausstechen, Aushacken, Abdecken mit Folie, Schnitt) auf *B. orientalis* und die Begleitvegetation. Im Mai wurden im Südharz fünf Behandlungsvarianten und eine Kontrollvariante mit jeweils acht Wiederholungen angelegt. Anhand der Deckung, Individuenzahl und der Blüte von *B. orientalis* sowie der Begleitartendeckung wurde der Erfolg der Behandlungsvarianten bis Ende September analysiert.

Das Ausstechen, Aushacken und die Folie reduzierten die Deckung und die Anzahl der adulten *B. orientalis*-Individuen am effektivsten. Gleichzeitig liefen auf diesen Varianten die meisten Keimlinge auf. Die Samenbildung wurde nur durch den Einsatz von Folie gänzlich verhindert, während auf allen anderen Behandlungsvarianten vereinzelt Triebe die Samenreife erreichten. Als schonendste Behandlung für die Begleitvegetation erwies sich das selektive Ausstechen. Alle anderen Varianten verringerten die Deckung der Begleitvegetation hingegen signifikant. Die Schnittvariante verhielt sich hinsichtlich Deckung und Individuenzahl (Keimlinge und Adulte) von *B. orientalis* und Deckung der Begleitvegetation ähnlich wie die Kontrolle und verursachte im Vergleich zu den anderen Behandlungen keine deutliche Bestandsveränderung.

Auf Grundlage dieser Ergebnisse kann vermutet werden, dass nur das dreimalige Ausstechen, Aushacken und Auflegen von Folie *B. orientalis* innerhalb weniger Jahre effektiv beseitigt. Bei der Umsetzung des zweimaligen Ausstechens sowie des Schnitts bedarf es hingegen einer langjährigen Behandlung. Grundsätzlich ist für alle Behandlungen eine mehrjährige, regelmäßige Wiederholung unerlässlich. Die langfristige Wirkung der getesteten Varianten kann deswegen nicht abschließend beurteilt werden. Um die Begleitvegetation auf artenreichen Flächen zu schonen, empfiehlt sich das Ausstechen, während sich die Praxisanwendung der Folie auf artenarme Bestände beschränken sollte.

Abstract

Warty-cabbage (*Bunias orientalis* L.) is a invasive neophyte in Germany, spreading along roadsides and ditches, colonizing ruderal areas and invading grassland. Dominance of the species has a negative impact on species diversity. The species is also common in south-western Saxony-Anhalt and populations are markedly increasing, making appropriate control measures necessary. The present study investigated the effect of five mechanical treatments (pricking out two or three times, hoeing, covering with foil, cutting) on *B. orientalis* and the accompanying vegetation in summer 2022. In May, eight replicates consisting of the five treatment variants and one control variant were established in the southern Harz mountains. Until September, the success of the treatments was measured based on cover, number of individuals and flowers of *B. orientalis* as well as the cover of accompanying species.

Pricking out, hoeing and the use of the foil were most effective in reducing cover and the number of adult *Bunias* individuals; at the same time, most seedlings emerged on these variants. Seed formation was completely prevented by the foil, while on all other treatments some shoots reached seed maturity. Selective pricking was the least detrimental treatment for the accompanying vegetation. In contrast, all other variants significantly reduced vegetation cover. The cutting variant had similar effects as the control regarding cover, number of individuals (adults and seedlings) and accompanying vegetation, and did not cause any change compared to the other treatments tested.

Based on the results of this study, it can be assumed that only pricking out three times, hoeing and covering with foil could eliminate *B. orientalis* effectively within a few years. On the contrary, the implementation of pricking out twice as well as cutting requires many years of treatment, while for all treatments, a multi-year and regular repetition is essential. Therefore, the long-term effect of the tested treatments cannot be assessed conclusively. To protect the accompanying vegetation, especially on species-rich sites, pricking out is recommended, while the application of foil should be limited to species-poor sites.

Keywords: alien plant, invasive species, field experiment, grassland vegetation, management, mechanical treatment, Warty-cabbage

1. Einleitung

Eine Folge der Globalisierung ist ein weltweiter Austausch von Arten (Chapman et al. 2017, Hulme 2021). Die dadurch bedingte Ausbreitung invasiver Pflanzen, Tiere und Pilze gefährdet die lokale Biodiversität (Bellard et al. 2016), verursacht landwirtschaftliche Verluste (Paini et al. 2016) und beeinträchtigt die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen (Pyšek & Richardson 2010). Die Zwischenstaatliche Plattform für Biodiversität und Ökosystemleistungen bezeichnet invasive Arten als einen der fünf direkten Treiber des weltweiten Artensterbens (IPBES 2023).

Seit 1492 konnten sich in Deutschland 432 Neophyten in der Natur dauerhaft etablieren und ausbreiten (Nehring et al. 2013), davon gelten 38 als gesichert und weitere 42 Arten als potenziell invasiv (Nehring & Skowronek 2023), darunter auch die Orientalische Zackenschote (*Bunias orientalis*), die im 18. Jahrhundert über verunreinigtes Saatgut aus Ost- bzw. Südosteuropa nach Deutschland eingeschleppt wurde (Nehring et al. 2013). Sie besiedelt bevorzugt warm-trockene Standorte und wird durch den Klimawandel gefördert (Kleinbauer et al. 2010).

Bunias orientalis kann sich nach Störungen schnell regenerieren und verfügt über eine effektive generative Vermehrungsstrategie (Dietz et al. 1999a); damit kann die Art rasch Dominanzbestände aufbauen (Brandes 1991) und die Artenvielfalt verringern (Steinlein et al. 1996, Kiełtyk 2014). Zur Bekämpfung von *B. orientalis* kamen bisher mechanische, chemische und kombinierte Verfahren (Haase et al. 2022) sowie Beweidung zur Anwendung (Dullau & Harnack 2014; Saler Rinder; Reise et al. 2023; Schafe und Ziegen; Schmigalle &

Korsch 2024: Exmoor-Ponys, Karpatische Wasserbüffel und Rotes Höhenvieh). Da das Ausstechen von Einzelpflanzen zeit- und kostenintensiv ist (Haase et al. 2022), das Mähen zum optimalen Zeitpunkt erfolgen muss, um das Ausreifen der Samen und die Ausbreitung erfolgreich zu verhindern, und eine Beweidung nicht überall möglich ist, wurden im vorliegenden Feldversuch vergleichend zu Ausstechen und Schnitt (d. h. Imitierung der Mahd) weitere mechanische Lösungen (Aushacken, Abdecken mit Folie) erprobt.

Um ein umfassenderes Bild über den Erfolg von Bekämpfungsmaßnahmen zu erhalten, müssen diese nicht nur im Hinblick auf die erwünschte Unterdrückung des invasiven Neophyten, sondern auch auf ihre Auswirkungen auf die Begleitvegetation bewertet werden (z. B. Alberternst et al. 2016). Untersuchungen von Bassler et al. (2016) sowie Krieger et al. (2022) zeigen, dass bei der Bekämpfung von *Jacobaea aquatica* die Folgen für die Begleitvegetation je nach Mahdzeitpunkt und Mahdfrequenz variieren. Bei der Bekämpfung von *Ambrosia artemisiifolia* kommen Alberternst et al. (2016) zu dem Schluss, dass eine selektive Entnahme, z. B. durch Herausreißen, einer flächigen Behandlung vorzuziehen ist, um die Begleitvegetation zu schonen. Denn wie Berki et al. (2023) am Beispiel der Bekämpfung von *Asclepias syriaca* zeigten, kann der offene Boden nach deren Entfernung schnell durch unerwünschte Arten, darunter auch weitere Neophyten, besiedelt werden. Generell ist die Datenlage zu den Auswirkungen von Bekämpfungsmaßnahmen auf die Begleitvegetation bisher unzureichend.

Als Maßnahmenflächen wurden Feld- und Wegraine im Südharz ausgewählt, von denen im Gebiet bereits nahezu 20 % durch eine Besiedlung mit *B. orientalis* beeinträchtigt waren. Der Fokus der Untersuchungen lag auf folgenden Fragen: (1) Wie verändern sich durch die Behandlungen die Deckung von *B. orientalis* und die der Begleitvegetation? (2) Welche Behandlung reduziert die Anzahl adulter *B. orientalis*-Pflanzen und der Keimlinge am besten? (3) Durch welche Behandlung kann die Samenbildung von *B. orientalis* reduziert oder unterbunden werden?

2. Material und Methoden

2.1 Charakterisierung von *Bunias orientalis*

Bunias orientalis ist ein polykarper, ausdauernder Hemikryptophyt, der bis zu 1,7 m hoch und bis zu 10 Jahre alt werden kann (Dietz & Steinlein 1998). Der Durchmesser der ausgewachsenen Rosette liegt bei 10–100 cm. Die Art bildet eine Pfahlwurzel und treibt im Frühjahr bis zu dreißig Triebe aus der Wurzelkrone aus, die sich im Allgemeinen nicht vom Wurzelstock ablösen (Steinlein et al. 1996). Die Art kann sich aus Rhizomstücken ab einer Länge von 1 cm regenerieren (Steinlein et al. 1996, Dietz et al. 1998). Die Samenproduktion liegt bei 3000 bis 4500 Samen pro Pflanze und Jahr, wobei die Samen bis zu drei Jahre im Boden überdauern und Keimraten von 93–100 % erreichen (Haase et al. 2022).

2.2 Untersuchungsgebiet und Versuchsflächen

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Südwesten Sachsen-Anhalts und umfasst das südliche Harzvorland einschließlich des Biosphärenreservats Karstlandschaft Südharz (Abb. 1). Das kontinentale Klima wird lokal durch den Lee-Effekt des Harzes beeinflusst (Funkel & Szekely 2011), wodurch das Untersuchungsgebiet wärmebegünstigt (11,1 °C) und niederschlagsarm (424 mm) ist (Station Roßla 2013–2022). Der Oberboden besteht überwiegend aus durch Löß überlagerten Lehmen (Reichhoff et al. 2001).

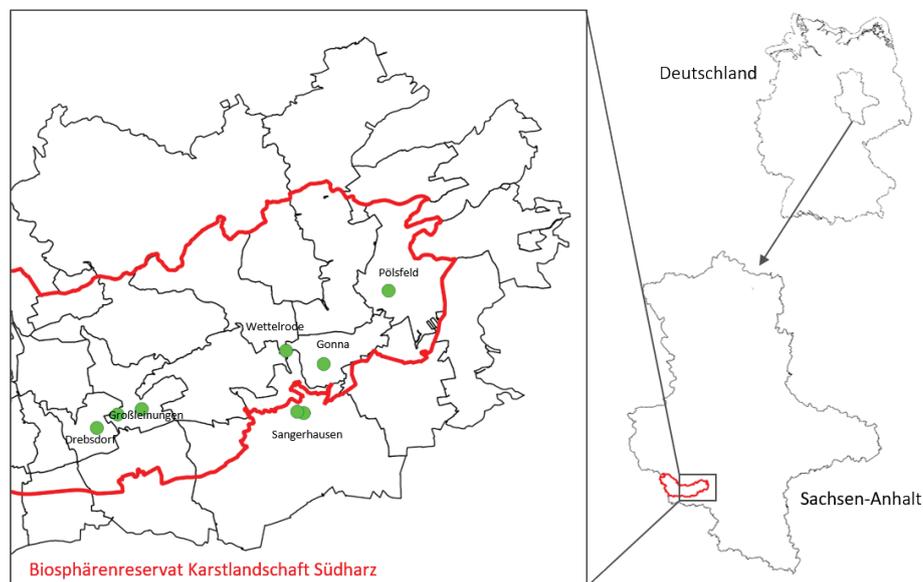


Abb. 1. Untersuchungsgebiet und Lage der Versuchsflächen zur Bekämpfung der invasiven *Bunias orientalis* (grüne Punkte).

Fig. 1. Study area and location of the experimental sites for control of the invasive *Bunias orientalis* (green dots).

Tabelle 1. Charakteristika der Versuchsflächen. Die Neigung wurde durch sieben Messungen mit einem Winkelmesser bestimmt (Mittelwert \pm Standardabweichung).

Table 1. Characteristics of the experimental sites. The inclination was determined by seven measurements with a protractor (mean \pm standard deviation).

Gemarkung	Lage	m ü. NN	Exposition	Neigung	Koordinaten (WGS84)	
					Breite	Länge
Drebsdorf	Straßenrand	194	SO	22,3 \pm 4,2	51,4843570	11,1854351
Gonna	Wegrand	208	NO	15,4 \pm 1,5	51,5040026	11,3124738
Großleinungen	Wegrand	204	SO	5,5 \pm 1,7	51,4889311	11,1972525
Großleinungen	Wiesenrand	216	NO	2,3 \pm 0,8	51,4905467	11,2093842
Pölsfeld	Wegrand	249	SO	20,9 \pm 6,4	51,5288478	11,3491431
Sangerhausen	Wegrand	164	SW	16,6 \pm 1,9	51,4873742	11,3002379
Sangerhausen	Wiesenrand	162	SO	7,4 \pm 2,1	51,4878281	11,2966172
Wettelrode	Wegrand	249	SW	18,6 \pm 3,3	51,5096256	11,2905529

Auf Grundlage der Kartierungen von Anna Schumacher (2019 – unveröff. Masterarbeit Hochschule Anhalt) und Hinweisen regionaler Akteur*innen wurden im April 2022 insgesamt 17 potenzielle Flächen besichtigt. Die Auswahl der acht Versuchsflächen (Tab. 1) basierte auf folgenden Kriterien: Flächengröße mindestens 4 m \times 12 m, mit einem homogenen Dominanzbestand von *B. orientalis*, in Randlage an Straßen, Wegen oder Wiesen, mit guter Erreichbarkeit und vorliegender Zustimmung der Eigentümer*innen. Mit Ausnahme der beiden Flächen in der Gemarkung Sangerhausen liegen alle Versuchsflächen innerhalb des Biosphärenreservates Karstlandschaft Südharz.

2.3 Versuchsdesign und Datenerfassung

Im Mai 2022 wurden acht $4\text{ m} \times 12\text{ m}$ große Versuchsflächen eingerichtet, wobei jede Wiederholung aus fünf randomisiert angeordneten Behandlungsplots und einem 2 m entfernten Kontrollplot bestand (Abb. 2). Alle Plots wiesen eine Größe von 2 m^2 auf und waren von einer 1 m breiten Pufferzone umgeben. Die Vegetation der Pufferzone wurde regelmäßig geschnitten, um den Sameneintrag in die Behandlungsplots zu unterbinden. Auf den Kontrollplots fand kein Management statt. Auf den Behandlungsplots wurden fünf mechanische Behandlungsvarianten zur Bekämpfung von *B. orientalis* erprobt; entnommene Individuen wurden immer von der Fläche entfernt:

- Zweimaliges Ausstechen (A2) Anfang Mai und Anfang August mittels Unkrautstecher;
- Dreimaliges Ausstechen (A3) Anfang Mai, Anfang Juli und Ende August;
- Aushacken (H) fünfmal zwischen Mai und September im Abstand von 4 Wochen mittels Bügelzughacke;
- Folie (F) Abdecken der Pflanzen mit einer 0,5 mm starken PVC-Folie, die acht Wochen (Anfang Mai bis Anfang Juli) und nach einer vierwöchigen Pause nochmals vier Wochen (August) aufgelegt wurde;
- Schnitt (S) Anfang Juni und Anfang August mit einer Akku-Heckenschere, mit Beräumung des Pflanzenmaterials.

Die Vegetationsentwicklung wurde zwischen Mai (Abb. 3) und September (Abb. 4) elf Mal erfasst, wobei die Deckung von *B. orientalis* und die der Begleitvegetation prozentgenau geschätzt wurden. Außerdem wurde die Anzahl der Keimlinge, Rosetten und Pflanzen mit Infloreszenz sowie die phänologischen Stadien (knospend, blühend, fruchtend, samenreif) des Neophyten dokumentiert.

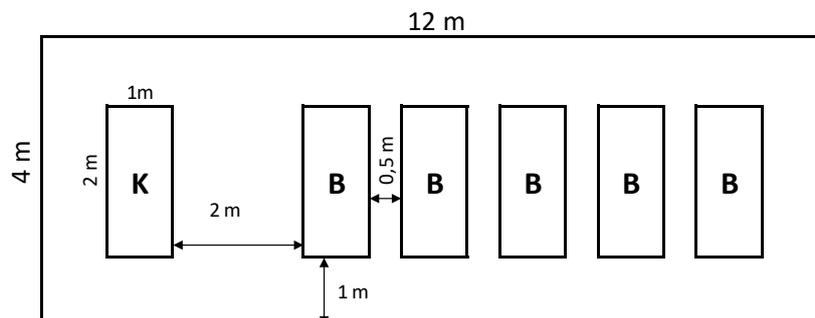


Abb. 2. Aufbau des Feldversuchs (K = Kontrolle, B = Behandlungsvarianten, s. Text).

Fig. 2. Experimental design of the field study (K = control, B = treatments, explained in the main text).

2.4 Datenanalysen

Die Deckung von *B. orientalis* und der Begleitvegetation sowie die Anzahl der Keimlinge und adulten Individuen (Rosetten, Pflanzen mit Trieb) wurden je Termin gemittelt und über den gesamten Erfassungszeitraum dargestellt. Um den Fruktifikationserfolg einzuschätzen, wurde die Anzahl der knospenden, blühenden, fruchtenden und samenreifen Triebe für jeden Erfassungstermin gemittelt. Zur Berechnung und Darstellung wurde Microsoft Excel 2016 verwendet.

Statistische Analysen wurden ausschließlich für die Deckung von *B. orientalis* und der Begleitvegetation sowie für die Anzahl der Adulten und Keimlinge vorgenommen. Dabei wurden Veränderungen zwischen der ersten und letzten Erfassung über den *t*-Test für verbundene und normalverteilte Stichproben oder den Wilcoxon-Test für nicht normalverteilte Stichproben untersucht. Unterschiede zwischen den Behandlungsvarianten zum jeweils letzten Erfassungstermin wurden für normalverteilte Stichproben mit homogenen Varianzen mittels einer einfaktoriellem Varianzanalyse mit



Abb. 3. Versuchsplots zur Bekämpfung der invasiven *Bunias orientalis* bei Großleinungen Ende Mai 2022. Behandlungen: **a)** Ausstechen 2x, **b)** Ausstechen 3x, **c)** Aushacken, **d)** Folie, **e)** Schnitt sowie **f)** Kontrolle (alle Photos: A.-K. Reise).

Fig. 3. Experimental plots on control of the invasive *Bunias orientalis* near Großleinungen in late-May 2022. Treatments: **a)** pricking out twice, **b)** pricking out three times, **c)** hoeing, **d)** foil, **e)** cutting, and **f)** control (all Fotos: A.-K. Reise).

Post-hoc-Test nach Tukey geprüft. Bei nicht normalverteilten Stichproben wurde hierfür der Kruskal-Wallis-Test unter Verwendung der Bonferroni-Korrektur angewandt. Bei allen Analysen wurden drei Signifikanzniveaus unterschieden: signifikant ($p \leq 0,05$), hochsignifikant ($p \leq 0,01$) und höchstsignifikant ($p \leq 0,001$). Die Analysen wurden mit IBM SPSS Statistics, Version 29.0.0.0 (241) durchgeführt.

3. Ergebnisse

3.1 Deckung der invasiven Art und der Begleitvegetation

Vor Beginn der Umsetzung der Behandlungsvarianten lag die mittlere Deckung von *Bunias orientalis* bei $63,7 \pm 17,0$ % und die Deckung der Begleitvegetation bei $32,8 \pm 15,1$ %. Das Ausstechen führte zunächst zu einer Reduktion der Deckung des invasiven Neophyten auf unter 2 % (Abb. 5a–b). Ein kürzeres Intervall zwischen dem



Abb. 4. Versuchsplots zur Bekämpfung der invasiven *Bunias orientalis* bei Großleinungen Ende September 2022. Behandlungen: **a)** Ausstechen 2x, **b)** Ausstechen 3x, **c)** Aushacken, **d)** Folie, **e)** Schnitt sowie **f)** Kontrolle (alle Fotos: A.-K. Reise).

Fig. 4. Experimental plots on control of the invasive *Bunias orientalis* near Großleinungen in late-September 2022. Treatments: **a)** pricking out twice, **b)** pricking out three times, **c)** hoeing, **d)** foil, **e)** cutting, and **f)** control (all Fotos: A.-K. Reise).

Ausstechen hatte einen geringeren Wiederanstieg zur Folge. Zum Ende des Beobachtungszeitraumes im September war die Deckung der Art nach dreimaligem Ausstechen ($4,4 \pm 4,4\%$) deutlich niedriger als nach dem zweimaligen Ausstechen ($23,9 \pm 13,6\%$). Die Begleitvegetation wies dagegen bei beiden Varianten eine dem Ausgangszustand annähernd gleiche Deckung auf. Das erste Aushacken reduzierte die *B. orientalis*-Deckung ähnlich stark wie Ausstechen (Abb. 5c). Vier Wochen nach der Behandlung stieg diese jedoch schneller an als beim Ausstechen. Ende September wiesen sowohl *B. orientalis* als auch die Begleitvegetation eine Deckung von unter 10 % auf.

Das Auflegen der Folie reduzierte sowohl die Deckung von *B. orientalis* wie auch die der Begleitvegetation (Abb. 5d). Während die Deckung von *B. orientalis* nach dem ersten Auflegen binnen vier Wochen auf $27,0 \pm 13,2\%$ anstieg, regenerierte sich die Begleitvegetation im selben Zeitraum kaum ($3,8 \pm 8,2\%$). Nach dem zweiten Auflegen der Folie setzte eine ähnliche Entwicklung ein. Der Schnitt von *B. orientalis* verursachte jeweils

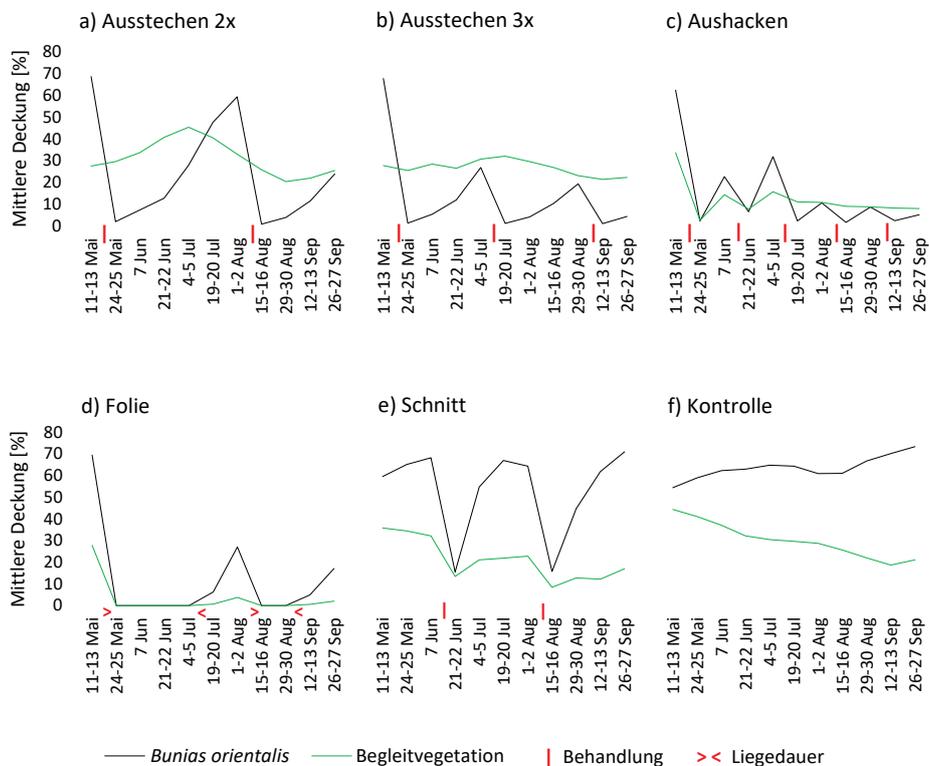


Abb. 5. Mittlere Deckung der invasiven *Bunias orientalis* und der Begleitvegetation auf den fünf Behandlungsvarianten und der Kontrollvariante im Zeitraum Mai–September 2022. Die roten Zeichen kennzeichnen den Durchführungszeitpunkt der jeweiligen Behandlungsvarianten (a–e): Ausstechen, Aushacken und Schnitt bzw. die Liegedauer der Folie.

Fig. 5. Mean cover of the invasive *Bunias orientalis* (black line) and accompanying vegetation (green line) of the five treatments and the control from May–September 2022: **a)** pricking out twice, **b)** pricking out three times, **c)** hoeing, **d)** foil, **e)** cutting, and **f)** control. The red symbols indicate the implementation date of the treatments pricking out, hoeing and cutting, or the duration of the foil exposure.

nur einen kurzzeitigen Deckungsrückgang (Abb. 5e) und bereits sechs Wochen später erreichte die Deckung wieder den Ausgangswert vor der Behandlung. Die Deckung der Begleitvegetation regenerierte sich nach jedem Schnitt, ohne jedoch das Ausgangsniveau zu erreichen, und lag zum Ende des Erfassungszeitraumes bei $17 \pm 8,2\%$. Damit wies die Behandlungsvariante Schnitt im Vergleich zu den anderen Varianten Ende September die größte Differenz zwischen den beiden Messgrößen auf. Auf den Kontrollflächen war die Entwicklung kontinuierlich gegenläufig (Abb. 5f). Ende September war ein Anstieg der *B. orientalis*-Deckung um $19,0\%$ zu verzeichnen ($p = 0,012$; Wilcoxon-Test) sowie ein Deckungsrückgang der Begleitvegetation um $23,2\%$ ($p < 0,001$; t -Test; Abb. 6).

Im Vergleich zum Zeitpunkt vor Beginn des Experimentes im Mai führten die Behandlungsvarianten Ausstechen, Aushacken und Folie im September zu einem Rückgang der Deckung der invasiven Art (A2, A3, H, F, K: $p = 0,012$, S: $p = 0,028$; Wilcoxon-Test;

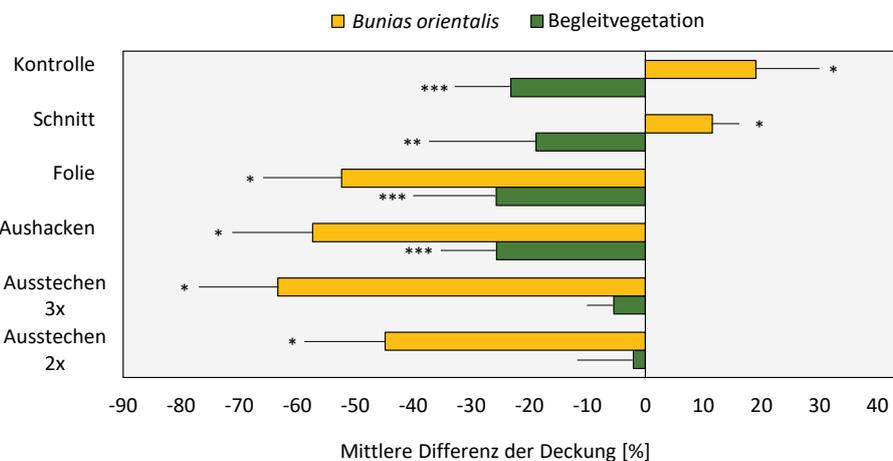


Abb. 6. Deckungsveränderung von *Bunias orientalis* und der Begleitvegetation zwischen der ersten (11.–13. Mai 2022) und letzten Erfassung (26.–29. September 2022). Angabe der Signifikanz der Mittelwertvergleiche der ersten und letzten Erfassung unter Verwendung des Wilcoxon-Tests (*Bunias orientalis*) und des *t*-Tests (Begleitvegetation). Signifikanzniveaus: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Fig. 6. Cover change of *Bunias orientalis* (yellow bar) and the accompanying vegetation (green bar) between the first (11–13 May 2022) and the last recording (26–29 September 2022). The significance of the mean comparisons of the first and last recording was performed using Wilcoxon test (*Bunias orientalis*) and *t*-test (accompanying vegetation). Significance codes: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Abb. 6). Bei den intensivsten Varianten (dreimaliges Ausstechen, Aushacken) war der Rückgang größer als bei den anderen Behandlungen (Folie, zweimaliges Ausstechen). Durch den Schnitt konnte keine Reduktion der *B. orientalis*-Deckung erreicht werden. Außer bei den beiden Varianten zwei- und dreimaliges Ausstechen wurde die Deckung der Begleitvegetation von Mai bis September signifikant reduziert (H, F, K: $p < 0,001$; S: $p = 0,004$; *t*-Test).

3.2 Individuenzahl der invasiven Art

Vor Beginn der Umsetzung der Behandlungsvarianten lag die mittlere Anzahl der adulten *B. orientalis*-Individuen bei $92,5 \pm 33,6$ und die Anzahl der Keimlinge bei $69,6 \pm 55,0$. Die Anzahl der adulten Individuen verblieb bei der Kontrolle auf annähernd gleichem Niveau (Abb. 7). Nachdem jede Behandlung auf die Anzahl der Adulten zunächst stark reduzierend wirkte, stieg diese bei allen Varianten nach einiger Zeit wieder an. Zwischen Mai und September nahm die Anzahl der adulten Individuen durch dreimaliges Ausstechen ($p < 0,001$; *t*-Test), Aushacken ($p = 0,002$; *t*-Test) und Auflegen der Folie ($p = 0,031$; *t*-Test) ab (Abb. 8).

Sowohl durch das Ausstechen als auch durch das Aushacken kam es zu einem starken Anstieg der Keimlingszahl im Juni und im September (max. 279 ± 348 ; Abb. 7a–c). Nach dem ersten Entfernen der Folie lief nur eine geringe Anzahl Keimlinge auf (19 ± 18 ; Abb. 7d). Erst Ende September, in der zweiten Behandlungspause, wurde mit 352 ± 316 die größte Keimlingszahl des gesamten Beobachtungszeitraums verzeichnet. Der Schnitt

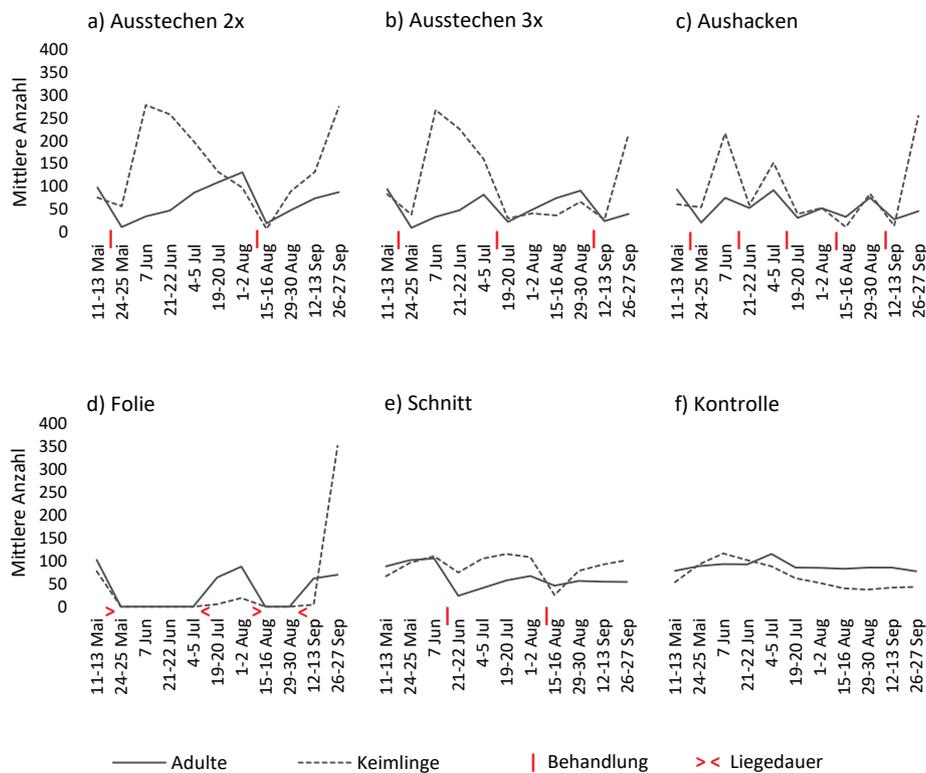


Abb. 7. Mittlere Anzahl der adulten *Bunias orientalis* Individuen und der Keimlinge auf den fünf Behandlungsvarianten und der Kontrollvariante im Zeitraum Mai–September 2022. Die roten Zeichen kennzeichnen den Durchführungszeitpunkt der jeweiligen Behandlungsvariante Ausstechen, Aushacken und Schnitt bzw. die Liegedauer der Folie.

Fig. 7. Mean number of *Bunias orientalis* adults (black line) and seedlings (dotted line) of the five treatments and the control in May–September 2022. **a)** pricking out twice, **b)** pricking out three times, **c)** hoeing, **d)** foil, **e)** cutting, and **f)** control. The red symbols indicate the implementation date of the treatments pricking out, hoeing and cutting, or the duration of the foil exposure.

förderte das Auflaufen von Keimlingen kaum (Abb. 7e). Bei der Kontrolle reduzierte sich die Zahl der Keimlinge zwischen Mai (54 ± 41) und September (43 ± 45 ; Abb. 7f). Bei zweimaligem Ausstechen ($p = 0,017$; Wilcoxon-Test), Aushacken ($p = 0,025$; Wilcoxon-Test) und Auflegen der Folie ($p = 0,025$; Wilcoxon-Test) kam es zu einem signifikantem Anstieg der Keimlingszahlen (Abb. 8).

3.3 Samenproduktion der invasiven Art

Vor Beginn der Variantenumsetzung lag die Anzahl der *B. orientalis*-Pflanzen mit Blütenpross bei $69,7 \pm 33,8$, von denen $43,0 \pm 22,9$ Individuen Knospen und $26,7 \pm 25,9$ Blüten aufwiesen. Fruchtbare oder samenreife Triebe waren nicht vorhanden. Vier Wochen nach dem ersten Ausstechen trieben lediglich $1,9 \pm 1,0$ bzw. $2,1 \pm 0,9$ Pflanzen nach (Abb. 9a–b). Trotzdem erreichten bis zum jeweils zweiten Ausstechetermin in Summe auf

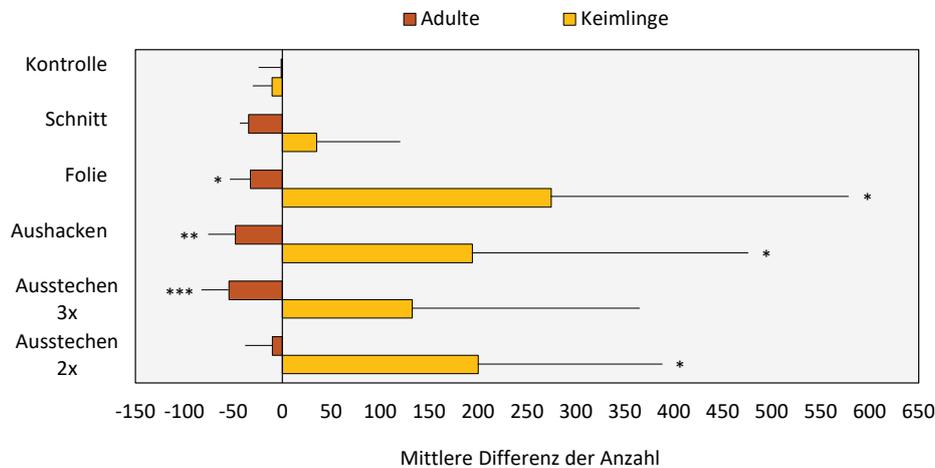


Abb. 8. Veränderung der Anzahl von adulten *Bunias orientalis* Individuen und Keimlingen zwischen der ersten (11.–13. Mai 2022) und letzten Erfassung (26.–29. September 2022). Angabe der Signifikanz der Mittelwertvergleiche der ersten und letzten Erfassung unter Verwendung des *t*-Tests (Adulte) und des Wilcoxon-Tests (Keimlinge). Signifikanzniveaus: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.

Fig. 8. Change in the number of *Bunias orientalis* adults (red bar) and seedlings (yellow bar) between the first (11–13 May 2022) and the last recording (26–29 September 2022). The significance of the mean comparisons of the first and last recording was performed using *t*-test (adults) and Wilcoxon test (seedlings). Significance codes: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

allen Plots der Variante zweimaliges Ausstechen 17 bzw. auf den Plots der Variante dreimaligen Ausstechen 14 Triebe die Samenreife; diese wurden beim zweiten Ausstechen entfernt. Vier Wochen nach dem ersten Aushacken trieben $8,4 \pm 4,9$ Pflanzen nach (Abb. 9c). Nach der zweiten Behandlung erreichten auf allen Wiederholungen nur zwei Triebe die Samenreife; mit der dritten Behandlung wurden diese alle beseitigt. Das Abdecken mit Folie verhinderte die Triebbildung in den Behandlungspausen gänzlich, sodass keine Früchte ausgebildet werden konnten (Abb. 9d). Zum ersten Behandlungstermin der Variante Schnitt galten bereits $8,6 \pm 4,0$ Triebe als samenreif (Abb. 9e). Bis zum zweiten Schnitt erreichten auf allen Plots nur drei Pflanzen das Stadium der Samenreife. Auf der Kontrollfläche setzte die Samenreife zum 7. Juni ein und wies am 4.–5. Juli den Höchstwert von insgesamt 459 reifen Trieben auf, was $57,4 \pm 20,2$ reifen Trieben pro Plot entspricht (Abb. 9f).

4. Diskussion

4.1 Maßnahmen mit Verletzung der Wurzel: Ausstechen und Aushacken

Monatliches Aushacken und dreimaliges Ausstechen erwiesen sich als die erfolgreichsten Behandlungsvarianten, indem sie die Deckung von *Bunias orientalis* deutlich reduzierten. Auch Haase et al. (2022) fanden nach zweimaligem Ausstechen im ersten Jahr eine Deckungsreduktion von $> 50\%$. Der im Vergleich zur Deckung geringer ausfallende

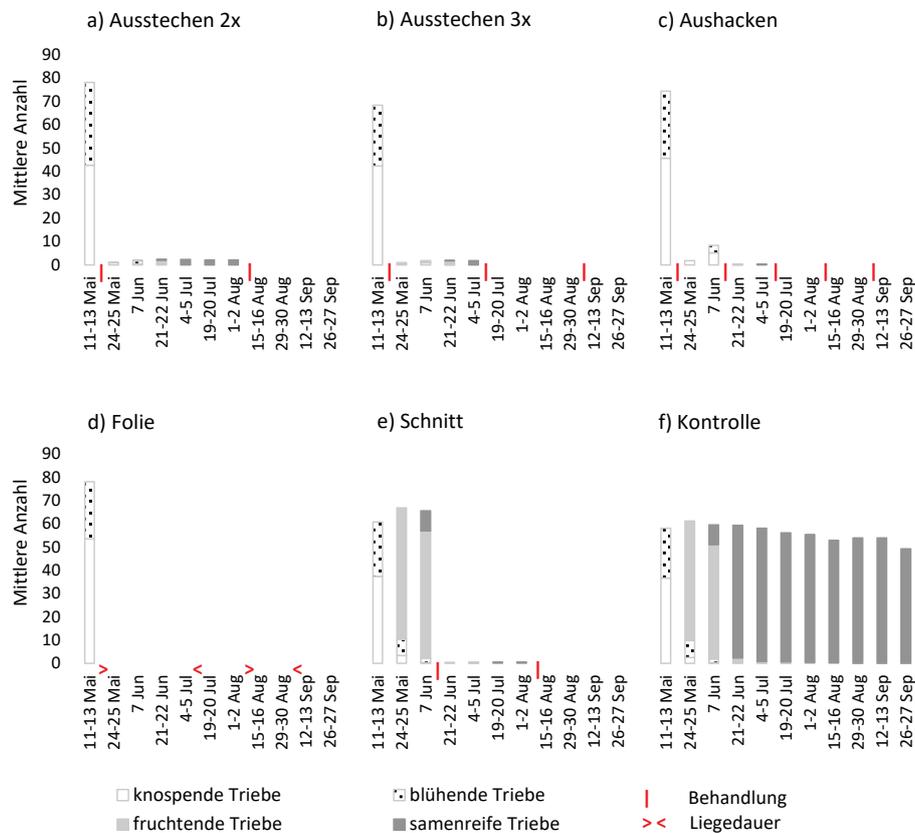


Abb. 9. Mittlere Anzahl der knospenden, blühenden, fruchtenden und samenreifen *Bunias orientalis* Triebe auf den fünf Behandlungsvarianten und der Kontrollvariante im Zeitraum Mai–September 2022. Die roten Zeichen kennzeichnen den Durchführungszeitpunkt der Behandlungsvariante Ausstechen, Aushacken und Schnitt bzw. die Liegedauer der Folie.

Fig. 9. Mean number of budding (white), flowering (dotted), fruiting (light gray), and seed-ripe (dark gray) *Bunias orientalis* sprouts of the five treatments and the control in May–September 2022. **a)** pricking out twice, **b)** pricking out three times, **c)** hoeing, **d)** foil, **e)** cutting, and **f)** control. The red symbols indicate the implementation date of the treatments pricking out, hoeing and cutting, or the duration of the foil exposure.

Rückgang adulter Pflanzen lässt sich auf die gute Regenerationsfähigkeit von *B. orientalis* zurückführen, denn an jeder Verletzung der Wurzel entstehen laut Kästner et al. (2001) neue Sprosse, und auch Steinlein et al. (1996) zeigten, dass Wurzelfragmente von 1–3 cm erneut austreiben können. Im vorliegenden Versuch reduzierte das dreimalige Ausstechen die Individuenzahl effektiver als das zweimalige, und die kurze Regenerationszeit von nur acht Wochen zwischen den Behandlungen könnte die beschriebene Wurzelsprossbildung unterbunden haben. Somit ist langfristig von einem schnelleren Erfolg durch dreimaliges Ausstechen auszugehen.

Ein entscheidender Unterschied zwischen Aushacken und Ausstechen zeigte sich in der Ausbildung fruchtender und samenreifer Triebe. Die Fruktifikation konnte nur durch das Aushacken weitgehend verhindert werden und war vermutlich aufgrund der monatlichen

Behandlung effektiver als Ausstechen. Zwar zeigten die Pflanzen nach dem ersten Aushacken eine besonders rasche Regeneration, was sich laut Kästner et al. (2001) auf den Behandlungszeitpunkt in der Hauptwachstumsphase zurückführen lässt. Neue Triebe, welche sich nach Schädigung der Wurzelkrone bildeten, wurden dann jedoch vor dem Erreichen der Samenreife zerstört. Die Länge der Behandlungspause nach dem ersten Ausstechen reichte aus, um das Nachtreiben beschädigter Pflanzen bis zur Samenreife zu ermöglichen. Haase et al. (2022) beschreiben, dass die Beschaffenheit des Untergrundes Einfluss auf den Erfolg des Ausstechens hat. So zeigte sich, dass in lockeren Böden große Teile der Pfahlwurzel entfernt werden können, während dies auf festen oder steinigen Untergründen nur bis zu einer Tiefe von 10 cm gelang.

Die Deckung der Begleitvegetation verringerte sich nur durch das Aushacken deutlich, während das Ausstechen die Begleitvegetation durch den stärker selektiven Ansatz weniger störte. Trotzdem führten sowohl das Ausstechen als auch das Aushacken zu einem hohen Keimlingsaufkommen von *B. orientalis*. Ähnliche Ergebnisse zeigten Haase et al. (2022), bei deren Untersuchung das zweimalige Ausstechen einen starken Keimlingszuwachs am Ende des ersten Behandlungsjahres verursachte, welcher sich erst in den Folgejahren reduzierte. Offenbodenschaffende Störungen sind für die Keimung von *B. orientalis* notwendig (Dietz et al. 1999b, Kästner et al. 2001, Corli et al. 2021) und Hauptursache für die Bildung von Dominanzbeständen (Dietz et al. 1998). Unabhängig von der Behandlungsvariante wurde ein vermehrtes Auflaufen von Keimlingen im Frühjahr und Herbst, den zwei Hauptkeimphasen von *B. orientalis* (Kästner et al. 2001), beobachtet. Ab Juni ging die Anzahl der Keimlinge deutlich zurück, was vermutlich auf die starke Trockenheit im Juli und August 2022 zurückzuführen ist (Deutscher Wetterdienst 2023). Nach Ahmad et al. (2009) führt Trockenheit zu Wasserstress bei Keimlingen und damit zu einer geringeren Überlebensrate.

4.2 Maßnahmen ohne Verletzung der Wurzel: Abdecken mit Folie und Schnitt

Die Folie erzielte hinsichtlich der Reduktion der *B. orientalis*-Deckung zunächst ähnlich gute Erfolge wie das Ausstechen und Aushacken, was auf die lange Anwendungsdauer zurückgeführt werden kann. Die rasche Deckungszunahme in den Behandlungspausen lässt sich mit der von Haase et al. (2022) beschriebenen Wiederaustriebsfähigkeit v. a. adulter Individuen begründen, zumal weder das Auflegen der Folie noch der Schnitt zu Wurzelverletzungen führt. Aufgrund der exzellenten Regenerationsfähigkeit der oberirdischen Pflanzenteile führte der Schnitt zur Deckungszunahme von *B. orientalis*, wobei ähnliche Werte wie auf den ungestörten Kontrollflächen erreicht wurden. Auch Steinlein et al. (1996) und Voitke (2001) beschreiben in ihren Experimenten, dass Schnitt *B. orientalis* kaum schwächt, sondern das Rosettenwachstum fördert. Auch das Auflegen der Folie führte nur zu einem leichten Rückgang der adulten Individuen, da lediglich kleine, junge Pflanzen mit geringer Wurzelmasse abgestorben sind, während Adulte mehr als ein Jahr unter der Abdeckung überleben können (ebd.). Der leichte, aber nicht signifikante, Individuenrückgang auf der Schnittvariante könnte darauf hinweisen, dass der Bestand durch Schnitt über mehrere Jahre allmählich zurückgeht. Auch Brennenstuhl (2021) beobachtete, dass eine langjährige und mehrmalige Mahd die Anzahl von *B. orientalis* reduziert, indem die generative Vermehrung so lange ausgeschlossen wird, bis keine Erneuerungsknospen mehr gebildet werden und die Pflanze abstirbt.

Die Samenbildung wurde im Rahmen dieses Versuchs ausschließlich durch das Auflegen der Folie unterbunden. Diese Methode verhindert das Neuaustreiben und folglich die Samenbildung effektiv, da die Pflanzen die Folie nicht durchdringen konnten. Im Gegensatz zum Einsatz der Folie erreichten auf den Schnittvarianten einige Pflanzen Anfang Juni die Samenreife, was für einen zu späten Mahdtermin spricht. Vorbeugend sollte der erste Schnitt daher vor Beginn der Samenreife erfolgen. Da diese von der Witterung oder den lokalen Gegebenheiten abhängig ist, kann der optimale Schnittzeitpunkt nicht fest terminiert werden. Während auf der Schnittvariante und der Kontrollfläche aufgrund der fehlenden Bodenverletzung und der Konkurrenz der Begleitvegetation kaum *B. orientalis* Keimlinge auf-liefen, kam es zum Ende des Beobachtungszeitraumes zu einem massiven Keimlingsaufkommen auf den zuvor mit Folie bedeckten Flächen. Dies wurde durch das Schaffen von Offenboden, die verringerte Konkurrenz durch die Begleitvegetation und gegebenenfalls auch das unterbundene Keimen von *B. orientalis* im Frühjahr verursacht. So liefen im Herbst vermutlich auch die Samen auf, die normalerweise im Mai und Juni gekeimt wären. Dietz et al. (1998) beschreiben das Auflaufen von Keimlingen aus der Samenbank als Hauptproblem bei der erfolgreichen Maßnahmenumsetzung.

Bei allen Behandlungsvarianten, auch der Kontrolle, nahm die Deckung der Begleitvegetation ab, wobei der stärkste Rückgang durch den Einsatz der Folie stattfand. Laut Sompek et al. (2017) beeinträchtigt das Auslegen einer Folie und die damit zusammenhängende Beschattung die gesamte Vegetation. Auch der Schnitt führte zur Reduktion der Begleitvegetation. Erklärung hierfür könnte die hohe Schnittverträglichkeit und schnelle Regeneration von *B. orientalis* sein, sodass Begleitarten, wie von Steinlein et al. (1996) beschrieben, im Konkurrenzkampf um Raum und Licht unterliegen. Ein ähnlicher Effekt wurde im vorliegenden Versuch auf den Kontrollflächen festgestellt, wo *B. orientalis* die Begleitvegetation ohne Rückschnitt in annähernd gleich hohem Maß auskonkurrierte.

5. Fazit

Das dreimalige Ausstechen, Aushacken oder Auflegen einer 0,5 mm starken Folie wiesen den größten Erfolg bei der Reduktion der Deckung und Anzahl adulter *Bunias orientalis* Individuen auf. Unter Beachtung des verstärkten Auflaufens von Keimlingen, das eine Nachbehandlung, z. B. durch Aushacken der Keimlinge, noch im Herbst desselben Jahres erfordert, führen diese Varianten bei wiederholter Anwendung innerhalb weniger Jahre zur erfolgreichen Beseitigung der Art. Beim Aushacken ist immer auf eine gründliche Schädigung des Wurzelhalses zu achten. Das zweimalige Ausstechen sowie der Schnitt reduzieren zwar die Deckung, haben jedoch kaum Auswirkungen auf die Anzahl adulter *B. orientalis*. Bei der Umsetzung dieser beiden Varianten bedarf es daher einer jahrelangen konsequenten Umsetzung, um wirksame Erfolge bei der Bekämpfung zu erzielen. Grundsätzlich ist für alle Behandlungsvarianten eine mehrjährige und regelmäßige Wiederholung in Kombination mit einer Erfolgskontrolle unerlässlich.

Auf die Begleitvegetation wirkte sich das Auflegen der Folie besonders negativ aus, was die Praxisanwendung ausschließlich auf artenarmen Beständen rechtfertigt. Die für die Begleitvegetation schonendste Variante war das Ausstechen von *B. orientalis*. Diese Maßnahme eignet sich deswegen für Flächen, die durch eine artenreiche Begleitvegetation charakterisiert sind.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes „Wiederherstellung des günstigen Erhaltungszustandes, der Ökosystemleistungen und der Vernetzung der Grünland-LRT 6210(*), 6240* und 6510 im Biosphärenreservat Karstlandschaft Südharz“ (WEGe), durchgeführt, finanziert durch das Land Sachsen-Anhalt und den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER), FKZ 407.1.11-60128/630121000019. Wir danken Eliane Schuster und Verena Schmid sowie allen studentischen Hilfskräften, die bei der Umsetzung der Behandlungsvarianten und der Erfassung der Daten im Gelände mitgewirkt haben.

Beiträge der Autorinnen zum Artikel

Anne-Kristin Reise und Sandra Dullau entwarfen das Studiendesign. Anne-Kristin Reise und Nele Adert pflanzten und führen die Feldarbeit durch. Anne-Kristin Reise führte die Dateneingabe und das Datenmanagement durch. Anne-Kristin Reise analysierte die Daten, unter Supervision von Sandra Dullau, Anita Kirmer und Sabine Tischew. Anne-Kristin Reise, Sandra Dullau und Anita Kirmer schrieben das Manuskript. Sandra Dullau, Nele Adert und Sabine Tischew warben die Projektförderung ein. Alle Autorinnen haben die Endfassung gelesen.

ORCID IDs

Sandra Dullau  <https://orcid.org/0000-0003-3167-799X>

Anita Kirmer  <https://orcid.org/0000-0002-2396-713X>

Sabine Tischew  <https://orcid.org/0000-0001-6995-5188>

Beilagen und Anhänge

Zusätzliche unterstützende Information ist in der Online-Version dieses Artikels zu finden.

Additional supporting information may be found in the online version of this article.

Anhang E1. Der invasive Neophyt *Bunias orientalis* L.

Supplement E1. The invasive neophyte *Bunias orientalis* L.

Anhang E2. *Bunias orientalis* auf Grünland bei Hainrode und am Wegrand mit Ausbreitung ins Grünland bei Obersdorf.

Supplement E2. *Bunias orientalis* on grassland near Hainrode and on a wayside with spreading into grassland near Obersdorf.

Literatur

- Ahmad, S., Ahmad, R., Ashraf, M.Y., Ashraf, M. & Waraich, E.A. (2009): Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. – Pak. J. Bot. 41: 647–654.
- Alberternst, B., Nawrath, S. & Starfinger, U. (2016): Biodiversity impacts of common ragweed.– Julius-Kühn-Archiv 455: 188–226. <https://doi.org/10.5073/jka.2016.455.000>
- Bassler, G., Karrer, G. & Kriechbaum, M. (2016) The impact of different cutting regimes on population density of *Jacobaea aquatica* (hill) G. Gaertn., B. Mey. & Scherb. and grassland vegetation. – Agric. Ecosyst. Environ. 226: 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.018>
- Bellard, C., Cassey, P. & Blackburn, T.M. (2016): Alien species as a driver of recent extinctions. – Biol. Lett. 12: 20150623. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0623>

- Berki, B., Botta-Dukát, Z., Csákvári, E., Gyalus, A., Halssy, M., Mártonffy, A., Rédei, T. & Csecserits, A. (2023): Short-term effects of the control of the invasive plant *Asclepias syriaca*: Secondary invasion of other neophytes instead of recovery of the native species. – Appl. Veg. Sci. 26: e12707. <https://doi.org/10.1111/avsc.12707>
- Brandes, D. (1991): Untersuchungen zur Vergesellschaftung und Ökologie von *Bunias orientalis* L. im westlichen Mitteleuropa. – Braunsch. Natkd. Schr. 3: 857–887.
- Brennenstuhl, G. (2021): Zur Verbreitung und Invasivität von *Bunias orientalis* im Altmarkkreis Salzwedel. – Mitt. Flor. Kart. Sachsen-Anhalt 26: 99–104.
- Chapman, D., Purse, B.V., Ro, H.E. & Bullock, J.M. (2017): Global trade networks determine the distribution of invasive non-native species. – Glob. Ecol. Biogeogr. 26: 907–917. <https://doi.org/10.1111/geb.12599>
- Corli, A., Walter, J. & Sheppard, C.S. (2021): Invasion success of *Bunias orientalis* (Warty Cabbage) in grasslands: A mesocosm experiment on the role of hydrological stress and disturbance. – Front. Ecol. Evol. 9: 1–9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.625587>
- DWD (Deutscher Wetterdienst) (2023): Monats- und Jahreszeitenbericht Deutschland. – URL: https://www.dwd.de/DE/leistungen/cdc/cdc_ueberblick-klimadaten.html [Zugriff am 09.08.2023].
- Dietz, H. & Steinlein, T. (1998): The impact of anthropogenic disturbance on life stage transitions and stand regeneration of the invasive alien plant *Bunias orientalis* L. – In: Starfinger, U., Edwards, K., Kowarik I. & Williamson, M. (Eds.): Plant invasions – ecological mechanisms and human responses: 169–184. Backhuys Publishers, Leiden.
- Dietz, H., Fischer, M. & Schmid, B. (1999b): Demographic and genetic invasion history of a 9-year-old roadside population of *Bunias orientalis* L. (*Brassicaceae*). – Oecologia 120: 225–234.
- Dietz, H., Steinlein, T. & Ullmann, I. (1998): The role of growth form and correlated traits in competitive ranking of six perennial ruderal plant species grown in unbalanced mixtures. – Acta Oecol. 19: 25–36. [https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(99\)00104-6](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(99)00104-6)
- Dietz, H.J., Steinlein, T. & Ullmann, I. (1999a): Establishment of the invasive perennial herb *Bunias orientalis* L.: an experimental approach. – Acta Oecol. 20: 621–632.
- Dullau, S. & Harnack, T. (2014): *Bunias orientalis* L.: ein Neophyt auf Wirtschaftsgrünland am Beispiel der Ganzjahresstandweide am Sperlingsberg bei Hainrode (Südharz). – Mitt. flor. Kart. Sachsen-Anhalt 19: 25–35.
- Funkel, C. & Szekely, S. (2011): Das Biosphärenreservat Karstlandschaft Südharz – Nutzung und Schutz einer Landschaft im Kontext von Natura 2000. – Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt 48: 3–23.
- Haase, M., Birger, A., Birger, J., Hoppe, I., Ritter, S., Schneider K., Sölter, U., Thürkow, F. & Verschwele, A. (2022): ENVISAGE – Erfassung und Management invasiver Neophyten auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zur Sicherung der landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen. – Ber. Julius Kühn-Institut 220: 1–232.
- Hulme, P.E. (2021): Unwelcome exchange: International trade as a direct and indirect driver of biological invasions worldwide. – One Earth 4: 666–679. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.04.015>
- IPBES (2023): Summary for Policymakers of the Thematic Assessment Report on Invasive Alien Species and their Control of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. – IPBES secretariat, Bonn, Germany. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7430692>
- Kästner, A., Jäger, E. & Schubert, R. (2001): Handbuch der Segetalpflanzen Mitteleuropas. – Springer, Wien: 615 pp.
- Kiełtyk, P. (2014): Distribution pattern of the invasive alien plant *Bunias orientalis* in Rów Podtatrzański trench, north of the Tatra Mts, Poland. – Biologia 69: 323–331. <https://doi.org/10.2478/s11756-013-0319-7>
- Kleinbauer, I., Dullinger, S., Klingenstein, F., May, R., Nehring, S. & Essl, F. (2010): Ausbreitungspotenzial ausgewählter neophytischer Gefäßpflanzen unter Klimawandel in Deutschland und Österreich. – BfN-Skripten 275: 1–74.
- Krieger, M.-T., Ditton, J., Albrecht, H., Baaij, B.M., Kollmann, J. & Teixeira, L.H. (2022): Controlling the abundance of a native invasive plant does not affect species richness or functional diversity of wet grasslands. – Appl. Veg. Sci. 25: e12676. <https://doi.org/10.1111/avsc.12676>
- Nehring, S., Kowarik, I., Rabitsch, W. & Essl, F. (2013): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. – BfN Skripten 352: 1–202.

- Nehring, S. & Skowronek, S. (2023): Die invasiven gebietsfremden Arten der Unionsliste der Verordnung (EU) Nr. 1143/2014. – BfN Skripten 654: 1–233. <https://doi.org/10.19217/skr654>
- Paini, D.R., Sheppard, A.W., Cook, D.C., De Barro, P.J., Worner, S.P. & Thomas, M.B. (2016): Global threat to agriculture from invasive species. – PNAS 113: 7575–7579. <https://doi.org/10.1073/pnas.1602205113>
- Pyšek, P. & Richardson, D.M. (2010): Invasive species, environmental change and management, and health. – Annu. Rev. Environ. Resour. 35: 25–55. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-033009-095548>
- Reichhoff, L., Kugler, H., Refoir, K. & Warthemann, G. (2001): Die Landschaftsgliederung Sachsen-Anhalts. Ein Beitrag zur Fortschreibung des Landschaftsprogrammes des Landes Sachsen-Anhalt. – Erarbeitet im Auftrag des MRLU LSA, LAU, Halle.
- Reise, A.-K., Dullau, S., Adert, N., Schuster, E., Schmid, V. & Tischew, S. (2023): Praxisleitfaden: Handlungsoptionen für die Bekämpfung des Orientalischen Zackenschötchens (*Bunias orientalis* L.). – Hochschule Anhalt, Bernburg: 36 pp. – URL: https://opendata.uni-halle.de/bitstream/1981185920/112317/1/Reise%20etal%202023_Handlungsleitfaden-Bunias-orientalis.pdf [Zugriff am 15.08.2024].
- Schmigalle, S. & Korsch, H. (2024): Botanische Bilanz nach acht Jahren extensiver Ganzjahresbeweidung in der Moorlandschaft Alperstedter Ried. – Landschaftspfl. Naturschutz Thüringen 60: 18–25.
- Sompek, E., Stummer, A., Kern, C. & Fickert, T. (2017): Bestandsentwicklung invasiver Neophyten am Unterlauf der Ilz (Bayrischer Wald). Veränderungen zwischen 2009 und 2015. – Naturschutz. Landschaftspl. 49: 341–347.
- Steinlein, T., Dietz, H. & Ullmann, I. (1996): Growth patterns of the alien perennial *Bunias orientalis* L. (*Brassicaceae*) underlying its rising dominance in some native plant assemblages. – Vegetatio 125: 73–82. <https://doi.org/10.1007/BF00045206>
- Woitke, M. (2001): Etablierungsstadium und anthropogenes Störungsregime als Einflussfaktoren auf die Bestandsentwicklung der invasiven *Brassicaceae* *Bunias orientalis* L. und *Rorippa austriaca* (Crantz) Besser in experimenteller Vegetation. – Diss. Univ. Würzburg: 91 pp.

Reise et al.: Kurzfristige Effekte experimenteller Maßnahmen zur Eindämmung des Neophyten *Bunias orientalis* L. – Tuexenia 44 (2024).

Supplement E1. Der invasive Neophyt *Bunias orientalis* L. ist eine mehrjährige, bis zu 1,7 m hohe Halbrosettenpflanze der Brassicaceae (Kästner et al. 2001). Neben ihren zahlreichen gelben Blüten (a), zeichnet sie sich durch pfeilspitzige Blätter (a) und höckerige Schötchen (b) aus. Nach Auflichtung und Bodenstörung laufen Keimlinge (c) besonders dicht auf (A.-K. Reise, a) und b) Mai 2022, c) Juni 2022).

Anhang E1. The invasive neophyte *Bunias orientalis* is a perennial semi-rosette plant of the Brassicaceae reaching a height of 1.7 m. In addition to numerous yellow flowers (a), it is characterized by arrowhead-shaped leaves (a) and humped seed pods (b). After thinning and soil disturbance, seedlings emerge densely (A.-K. Reise, a) and b) May 2022, c) June 2022).



Reise et al.: Kurzfristige Effekte experimenteller Maßnahmen zur Eindämmung des Neophyten *Bunias orientalis* L. – *Tuexenia* 44 (2024).

Supplement E2. *Bunias orientalis* auf Grünland bei Hainrode (links, M. Bley, Mai 2017) und am Wegrand mit Ausbreitung ins Grünland bei Obersdorf (rechts, E. Hämmerle, Mai 2018).

Anhang E2. *Bunias orientalis* on grassland near Hainrode (left, M. Bley, May 2017) and on a wayside with spreading into grassland near Obersdorf (right, E. Hämmerle, May 2018).

