

Orientalisches Zackenschötchen (*Bunias orientalis*)

Arnd Verschwele^{1*}, Ulrike Sölter¹, Katrin Schneider², Matthias Haase³, Irene Hoppe³, Cassandra Fröhlich³, Jens Birger⁴, Antje Birger⁴, Florian Thürkow⁴, Uwe Starfinger⁵, Philip Martini³

¹Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

²Koordinationsstelle Invasive Neophyten in Schutzgebieten Sachsen-Anhalts beim UfU e. V., Große Klausstraße 11, 06108 Halle (Saale)

³Landschaftspflegeverband "Grüne Umwelt" e. V., Am Anger 4a, 39171 Sülzetal/OT Schwaneberg

⁴Umwelt- und Geodatenmanagement GbR, Mansfelder Straße 56, 06108 Halle

⁵Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für nationale und internationale Angelegenheiten der Pflanzengesundheit Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig

*Korrespondierender Autor: arnd.verschwele@julius-kuehn.de

Beschreibung der Art

Das Orientalische Zackenschötchen, *Bunias orientalis*, (Abbildung 38) wird auch Morgenländisches Zackenschötchen oder Türkische Rauke genannt. Es gibt unterschiedliche Angaben zu seinem ursprünglichen Verbreitungsgebiet (DULLAU und HARNACK, 2014). Jüngere Untersuchungen von KOCH et al., (2017) konnten zwei große Genpools in der kaukasisch-iranisch-turanischen Region und in der Nähe des nördlichen Kaukasus als Ursprungszentren identifizieren. *B. orientalis* zählt zur Klasse der Zweikeimblättrigen (*Dicotyledoneae*) und zur Familie der Kreuzblütengewächse (*Brassicaceae*). Es ist eine mehrjährige Pflanze (STARFINGER et al., 2014), die Höhen bis 1,7 m erreichen kann (BRANDES, 1991). Sie bildet Halbrosetten. Die sommergrünen Laubblätter sind in der Form variabel. Die unteren Blätter sind tief fiederteilig, mit großem, dreiteiligem Endlappen und können eine Länge bis 40 cm erreichen (Abbildung 39). Die oberen Blätter sind kleiner und weniger fiederteilig. Der Stängel ist verzweigt und kahl oder spärlich behaart. Die Kronblätter sind leuchtend gelb. Die Blütezeit ist von Mai bis August. *B. orientalis* blüht bereits im ersten Jahr. Die Früchte sind Schötchen mit vier geflügelten, gezähnten Ecken. Pro Pflanze können 3000- 4500 Samen gebildet werden, die meist in unmittelbarer Nähe der Mutterpflanze verstreut sind. Die Samen im Boden bleiben für mehrere Jahre keimfähig (INFO FLORA, 2020). Neben der hohen generativen Vermehrungsfähigkeit kann *B. orientalis* auch durch die anthropogene Verschleppung von Teilen der Wurzel ausgebreitet werden. Die Pflanze bildet eine lange Pfahlwurzel und ist in der Lage, aus nur 1 cm langen Wurzelfragmenten neu auszutreiben (INFO FLORA, 2020). Die Regenerationsrate bei 3 cm großen Wurzelfragmenten liegt bei 93 % (STEINLEIN et al., 1996). Die Pflanzen können mehr als 10 Jahre alt werden (STARFINGER et al., 2014).



Abbildung 38 *B. orientalis* blühend im Bestand (Foto: LPV „Grüne Umwelt“ e. V.).



Abbildung 39 *B. orientalis* im Rosettenstadium (Foto: LPV „Grüne Umwelt“ e. V.).

Risikobewertung

Zu Projektbeginn 2016 wurde für *B. orientalis* eine Risikobewertung auf Grundlage der vorhandenen Literatur und Datenlage hinsichtlich der Verbreitung, der Auswirkungen auf die Biodiversität und auf

die landwirtschaftliche Produktion erarbeitet. Diese Bewertung wurde zum Ende des Projektes aktualisiert (Tabelle 18). Neue Erkenntnisse zu *B. orientalis* wurden nach ausführlicher Literaturrecherche und unter Einbeziehung des Expertenwissens in die vorhandene Risikoanalyse eingearbeitet. Grundlegende neue Erkenntnisse ergaben sich jedoch nicht für die Art, die Risikobewertung blieb im Vergleich zu Beginn des Projektes ähnlich. Eine Gefährdung für landwirtschaftliche Nutzflächen ist somit gegeben. Hinzugefügt wurde die Sparte „Im Handel erhältlich“, da dieser Weg des Inverkehrbringens und eine daraus resultierende Ausbreitung viel mehr in den Fokus gerückt werden sollte.

Tabelle 18 Risikobewertung von *B. orientalis*

Status in DE	Eingebürgerter Neophyt. Weit verbreitet mit Schwerpunkt in wärmeren Lagen der Mittelgebirge.
Listung	BfN: potentiell invasiv. EPPO: nicht bewertet.
Datenlage	Daten zu Auswirkungen auf Biodiversität und auf Landwirtschaft nicht ausreichend.
Auswirkungen Biodiversität	Verdrängung durch Konkurrenz wird angenommen, ist nicht hinreichend detailliert beschrieben.
Auswirkungen Landwirtschaft	Verdrängt höherwertige Futtergräser im Grünland. Heunutzung wird durch die kräftigen Stängel erschwert. Geringer Futterwert zum Zeitpunkt der Heu- oder Silagebereitung
Auswirkungen Sonstige	Zum Einfluss des Klimawandels auf die Ausbreitung kann nur gemutmaßt werden, dass ein kontinentales Klima die Ausbreitung fördern kann.
Verschleppungsrisiko	Anthropogene Ausbreitung durch Samen und Wurzelfragmente: hoch.
Bekämpfung	Mechanisch schwer zu bekämpfen: Mahd führt zu Neuaustrieb, Ausstechen der Rübe arbeitsintensiv.
Zusammenfassung Risiko	Risiko für Grünlandnutzung in wärmeren Lagen wahrscheinlich erheblich. Ausbreitung hält an. Bekämpfung schwierig, deshalb ist Prävention weiterer Ausbreitung dringend notwendig, Hygiene zur Verhinderung der Verschleppung in bisher nicht befallene Flächen sehr wichtig.
Im Handel erhältlich	Samen sind in Deutschland über Gärtnereien zu beziehen, ein Hinweis auf Invasivität fehlt.
Quellen	LANDRATSAMT SAALFELD-RUDOLSTADT UMWELTAMT, 2017: Das Orientalische Zackenschötchen – eine invasive Pflanzenart. Zugriff: 15. September 2021, http://www.kreis-slf.de/landkreis/nachrichtenansicht/article/das-orientalische-zackenschoetchen-bunias-orientalis-eine-invasive-pflanzenart/ STARFINGER U., I. KOWARIK, 2003 (Überarbeitung: 10.06.2014 durch G. Seibt und G. Brehm): Artensteckbrief <i>Bunias orientalis</i> . Zugriff 15. September 2021, https://neobiota.bfn.de/handbuch/gefaesspflanzen/bunias-orientalis.html . CABI, 2019: Datasheet Invasive Species Compendium. Zugriff 15. September 2021, http://www.cabi.org/isc/datasheet/109130 . DIETZ, H., T. STEINLEIN, 1998: The impact of anthropogenic disturbance on life stage transitions and stand regeneration of the invasive alien plant <i>Bunias orientalis</i> L. In: STARFINGER, U., K. EDWARDS, I. KOWARIK, M. WILLIAMSON (eds.) Plant invasions: Ecological mechanisms and human responses. Backhuys, Leiden, pp 169-184.

Verbreitung in Deutschland

B. orientalis tritt in Deutschland bereits seit dem 19. Jh. auf. Seit den 1990er Jahren wird aus vielen Regionen von einer starken Ausbreitung der Art berichtet. Ihren Hauptschwerpunkt hat die Art in wärmebegünstigten Mittelgebirgsregionen, siehe Abbildung 40 und Abbildung 41.

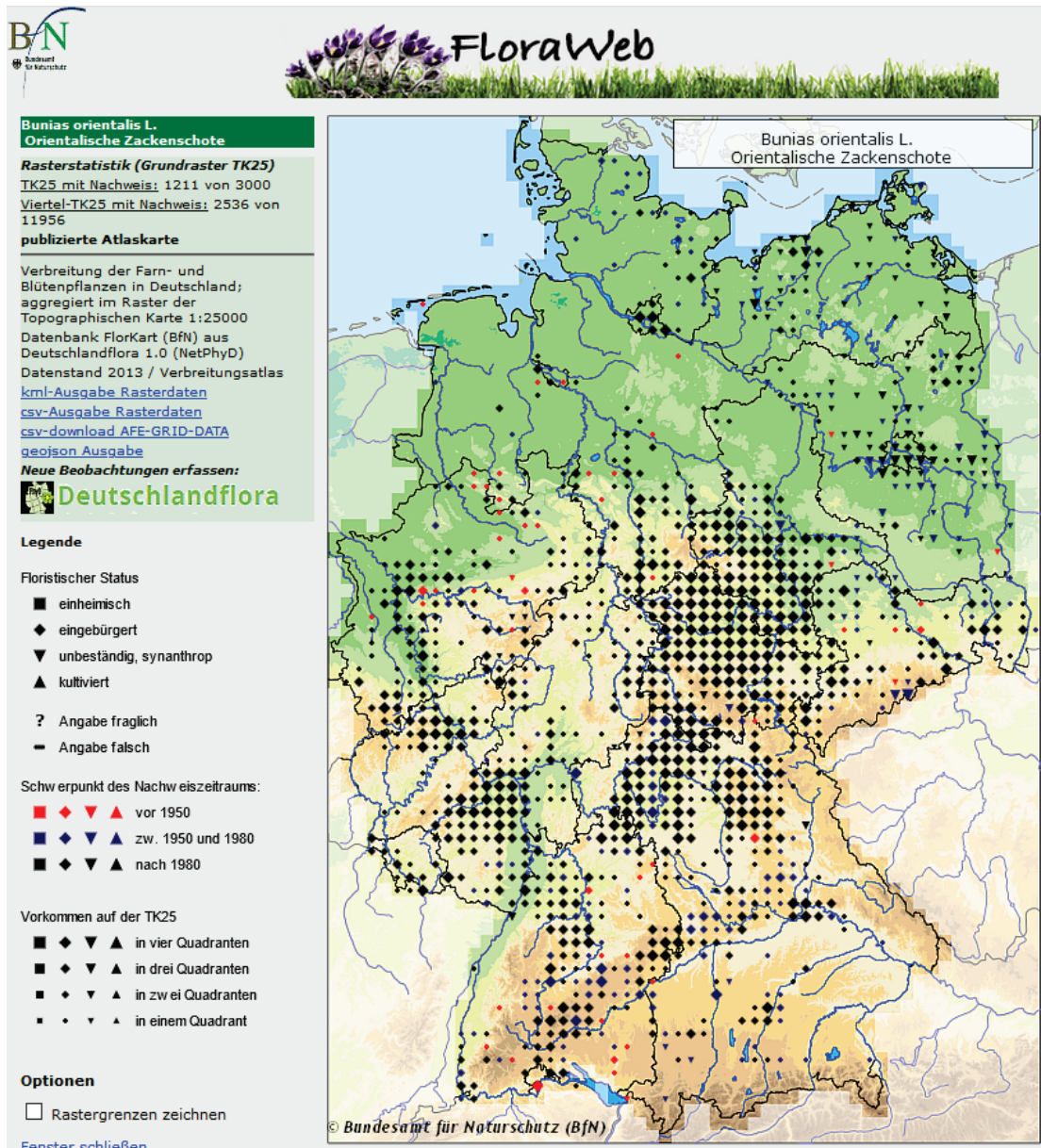


Abbildung 40 Karte der Verbreitung von *B. orientalis* in Deutschland, Datenstand Oktober 2013, Quelle: Screenshot www.floraweb.de, Bundesamt für Naturschutz, Zugriff: 1.5.2021

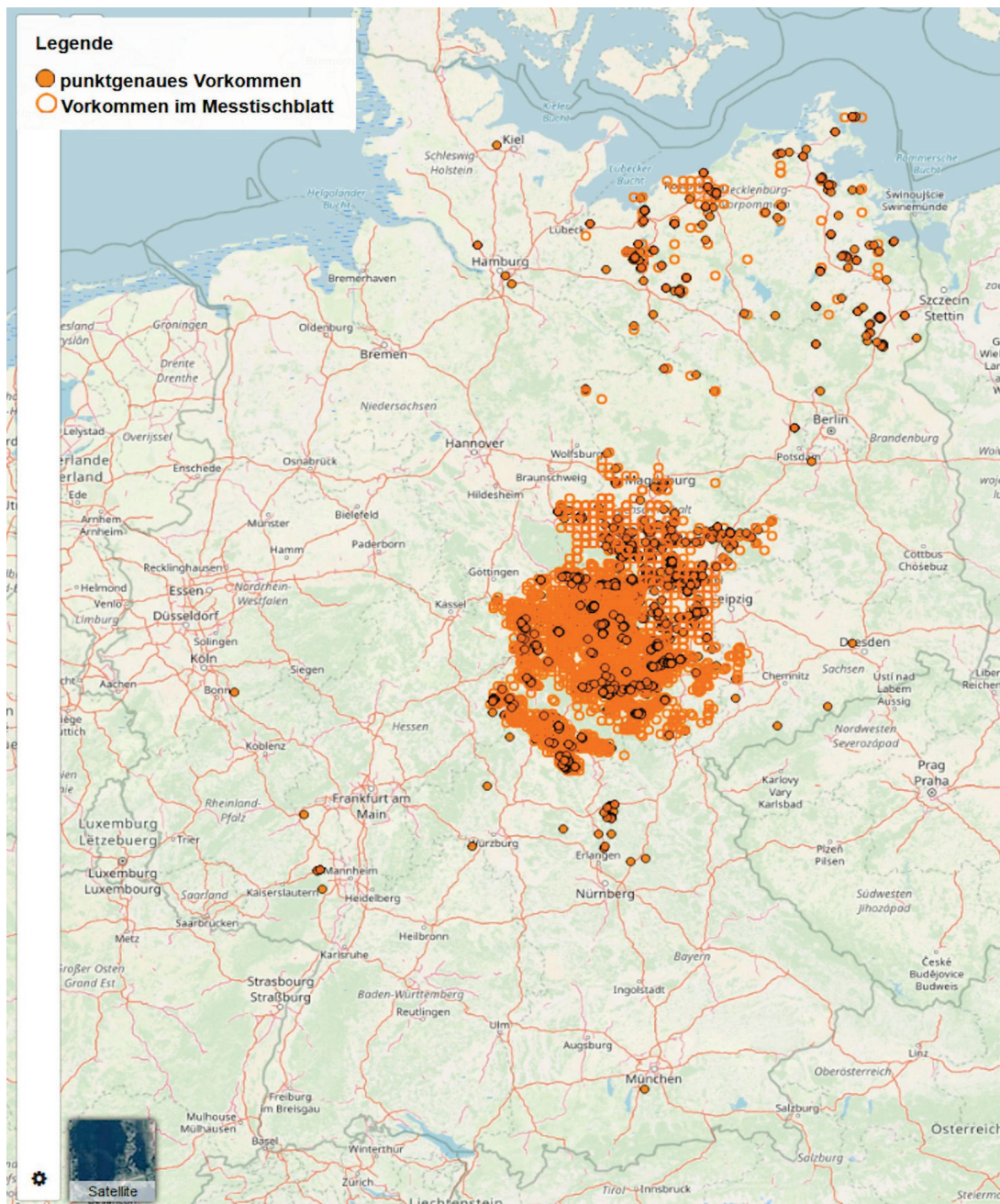


Abbildung 41 Im ENVISAGE-Projekt erfasste Vorkommen von *B. orientalis*, Quelle: Screenshot <http://neophyten-in-der-landwirtschaft.de/map/karte.html>, Datenstand 02.06.2021

Fernerkundung

Für *B. orientalis* konnten zahlreiche Fundmeldungen aus der KORINA-Web-Datenbank extrahiert werden. Der Großteil der Vorkommen konzentriert sich derzeit arttypisch (wärmeliebend) noch auf den südlichen Teil des Bundeslandes. Für die Untersuchungen wurden Mahdgrünlandflächen im Saalekreis im Gebiet Gutenberg ausgewählt. Für dieses Untersuchungsgebiet waren DOP verfügbar, deren Aufnahmezeitpunkte im artspezifischen Zeitfenster (Abbildung 50) lagen. Die Abbildung 42 zeigt den Ausgangsdatensatz. Deutlich erkennbar sind die großflächigen Vorkommen von *B. orientalis*, die im Luftbild gelb erscheinen. Ebenso wird sichtbar, dass ein Großteil des Grünlandfeldblocks (rote Grenzen) bereits von dem invasiven Neophyten eingenommen wird.



Abbildung 42 DOP von *B. orientalis*-Beständen im Raum Gutenberg mit den Grenzen des Grünlandfeldblocks (rot)

Die Abbildung 43 stellt das Ergebnis der automatischen segmentbasierten Klassifikation dar. Zudem sind die Datenbankfundpunkte und die Lage der Trainings- und Kontrollflächen abgebildet. Die *B. orientalis*-Bestände können mithilfe des entwickelten Klassifikationsalgorithmus mit hoher Genauigkeit detektiert werden (92 %). Lediglich an den Rändern dichter Bestände werden Einzelpflanzen (geringeres fernerkundungswirksames Signal) nicht sicher erfasst.



● Meldepunkte aus der KORINA-Datenbank ■ Klassifizierte *Bunias orientalis*-Vorkommen
● Trainings- und Kontrollflächen Abgrenzung flächiger Vorkommen von *Bunias orientalis*

Abbildung 43 Ergebnis der segmentbasierten Klassifikation der Bestände von *B. orientalis* im Raum Gutenberg aus DOP, Meldepunkte aus der Datenbank und Trainings- und Kontrollflächen

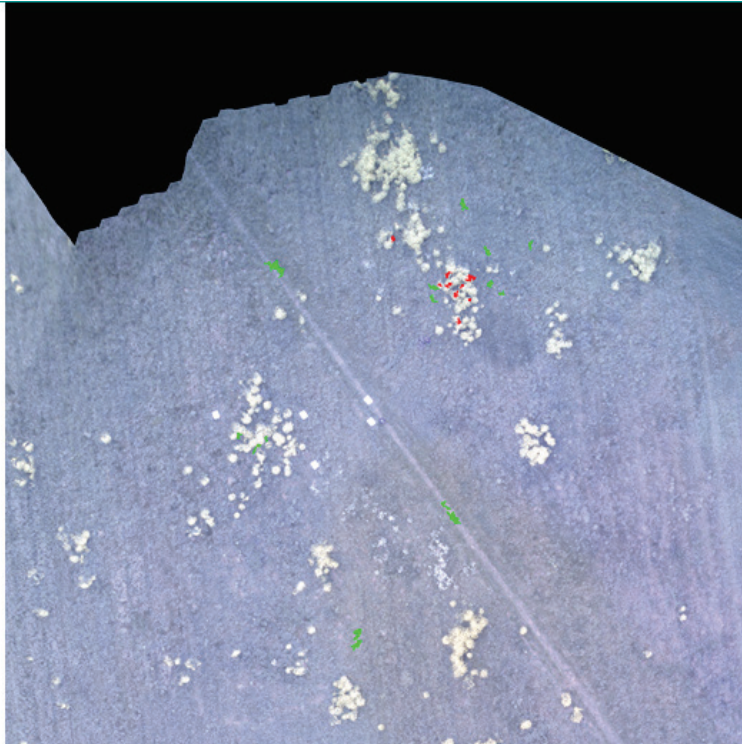
Da nicht immer DOP im optimalen artspezifischen Aufnahmezeitfenster zur Verfügung stehen, wurde die Detektierbarkeit dieser Art aus mit UAV (Drohne mit RGB-Kamera) erhobenen Datensätzen

getestet. Im Gebiet Gutenberg hatten sich nach der Aufnahme der verwendeten DOP die *B. orientalis*-Bestände während des Projektzeitraumes so weit ausgebreitet, dass bereits neue Grünlandflächen besiedelt waren (Abbildung 44).



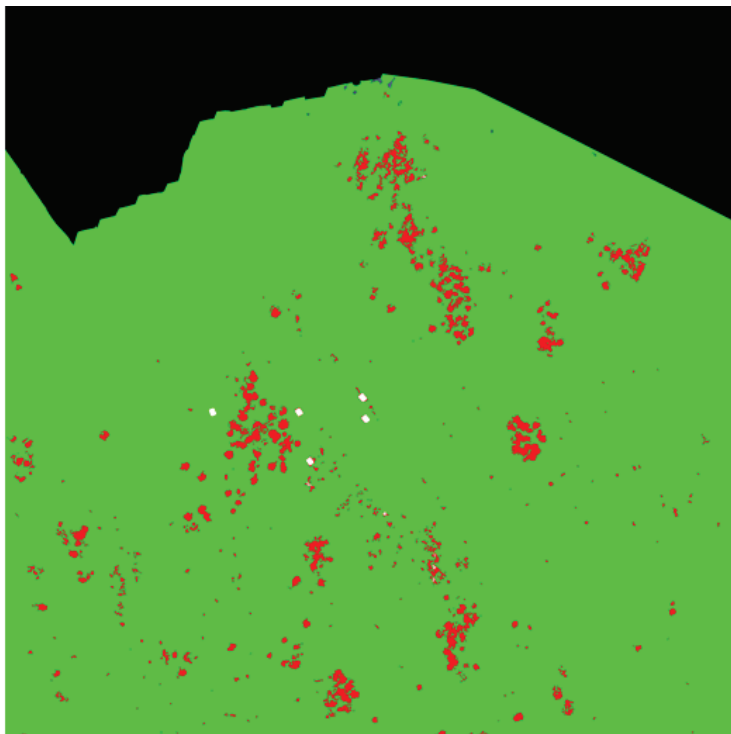
Abbildung 44 *B. orientalis* - Ausbreitung auf weitere Mahdgrünlandflächen im Untersuchungsgebiet Gutenberg am 17.05.2018 (Foto: J. Birger, UMGEODAT)

Neuere DOP-Datensätze hatten jedoch nicht das optimale Aufnahmezeitfenster, so dass sich eine Befliegung mit einer UAV anbot. Die Befliegung fand im optimalen Aufnahmezeitfenster (18.05.2018) statt. Um die Bilddaten entzerren zu können, wurden Eichflächen in Form von ca. 0,5 m x 0,5 m großen Styroporplatten ausgelegt und mit GPS hochgenau eingemessen. Auf diese Weise konnte eine lagegenaue Zuordnung der Trainingsflächen erreicht werden. Diese waren am Vortag eingerichtet und kartiert worden und bildeten sowohl flächige Bestände als auch Einzelexemplare von *B. orientalis* ab. Die Abbildung 45 stellt ein aus mehreren Einzelaufnahmen mosaikiertes Ortholuftbild der UAV-Befliegung dar. Zudem ist die Lage der in der Bildbearbeitungssoftware generierten Trainingsflächen für die Objektklassen „*Bunias orientalis*“ als Zielklasse (rot) und für das „umgebende Grünland“ (grün) sichtbar. Die Abbildung 46 zeigt das Ergebnis der segmentbasierten Klassifikation, die die *B. orientalis*-Bestände in ihren unterschiedlichen Deckungen bis hin zu Einzelpflanzen erfassen konnte. Die Klassifikationsgenauigkeit betrug 95 %. Diese Auswertungen machen das hohe Potential von UAV-Befliegungen zur Erfassung der Bestände von invasiven Neophyten auf Landwirtschaftsflächen deutlich. Kartierung und UAV-Befliegung konnten optimal am artspezifischen Aufnahmezeitfenster ausgerichtet werden. Nach zwei Tagen lag der mosaikierte und bereits klassifizierte Datensatz vor. Hier erwiesen sich in besonderem Maße die Zeit- und Kosteneffizienz sowie die hohe Flexibilität derartiger Aufnahmesysteme als vorteilhaft.



■ Trainingsflächen für *Bunias orientalis*
■ Trainingsflächen für umgebendes Grünland

Abbildung 45 Mosaikiertes Ortholuftbild der UAV-Befliegung (Drohne mit RGB-Kamera) mit Trainingsflächen der Objektklassen „*Bunias orientalis*“ und „umgebendes Grünland“ im Raum Gutenberg



■ Klassifizierte *Bunias orientalis*-Vorkommen
■ Klassifiziertes Grünland

Abbildung 46 Ergebnis der segmentbasierten Klassifikation von Beständen von *B. orientalis* und des umgebenden Grünlandes im Raum Gutenberg aus UAV-gestützten RGB-Aufnahmen

Im Untersuchungsgebiet Ebeleben (Thüringen) existieren großflächige Vorkommen von *B. orientalis* auf Grünlandflächen (Abbildung 48).



Abbildung 47 *B. orientalis*- Massenvorkommen auf Grünlandflächen in Ebeleben, 04.06.2019, (Foto: A. Birger, UMGEODAT)

Neben der Detektion aus DOP wurde der Versuch unternommen, die großflächigen Bestände anhand von Satellitenbildszenen zu klassifizieren. Dazu wurde ein WorldView02 Datensatz vom 05.06.2019 erworben und der Detektionsalgorithmus daran getestet (Abbildung 48). Am Vortag der Befliegung erfolgte die vegetationskundliche Erfassung der Trainings- und Kontrollflächen.



Abbildung 48 *B. orientalis*-Bestände im WV02 Satellitenbild in Echtfarbkombination, Untersuchungsgebiet Ebeleben (05.06.2019)

Die Bestände waren mit einer Genauigkeit von 78 % zu detektieren (Abbildung 49). Es konnten zumeist nur kompakte *B. orientalis*-Bestände im Satellitenbild erfasst werden. Begrenzend wirkt hier

offensichtlich die geringere geometrische Auflösung der Satellitendaten. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass Satellitendaten nur bedingt für die Detektion von *B. orientalis* eingesetzt werden können. Sie können jedoch einen Überblick über flächige Bestände in größeren Gebieten geben. Sollen beispielsweise multitemporale Auswertungen Auskunft über die invasive Ausbreitung des Neophyten geben und dabei auch Einzelpflanzen erfasst werden, sollte man auf geometrisch höher auflösende DOP oder UAV-gestützte Systeme zurückgreifen.



■ Klassifizierte *Bunias orientalis*-Vorkommen

Abbildung 49 Ergebnis der automatischen segmentbasierten Klassifikation der *B. orientalis*-Bestände im Untersuchungsgebiet Ebeleben auf der Grundlage des WV02-Satellitenbildes vom 05.06.2019

Die Erfassung von *B. orientalis*-Beständen erfordert voll entfaltete Blüten. Für diese Art besteht ein zeitlich eng begrenztes Aufnahmezeitfenster. Das Ende der Rapsblüte überschneidet sich mit dem Blühbeginn von *B. orientalis*. Wegen der großen Ähnlichkeit von Rapsblüte und *B. orientalis*-Blüte liegt das optimale Aufnahmezeitfenster nach der Rapsblüte (Abbildung 50). Grenzen der Erfassung ergeben sich darüber hinaus durch spektrale Überschneidungen mit den in Sachsen-Anhalt weit verbreiteten Raukenarten (*Sisymbrium loeseli* und *S. altissimum*), die im Unterschied zu *B. orientalis* jedoch keine Massenbestände auf Grünlandflächen ausbilden. Vielmehr sind sie an Wegrändern und Ackerrainen zu finden. Im Fokus der Betrachtungen standen jedoch Grünlandfeldblöcke als landwirtschaftliche Nutzflächen; da *B. orientalis* zum Biotoptyp „Grünland“ eine deutlich höhere Bindung aufweist als die ruderalen Raukearten. Eine Trennung zwischen *B. orientalis* und *Sisymbrium spec.* wird zudem dadurch erleichtert, dass *B. orientalis*-Exemplare kompakte, fernerkundungswirksame Strukturen der Blütenstände bilden, die insbesondere bei einer wissenschaftlichen Nachbearbeitung als Unterscheidungsmerkmal herangezogen werden können. Dazu sind jedoch geometrisch hochaufgelöste Datensätze erforderlich, wie sie in Form von DOP und UAV-gestützten Systemen erzeugt werden können. Spektral sind RGB-Echtfarbaufnahmen ausreichend, um *B. orientalis*-Bestände zu erfassen.

Aufnahmezeitfenster <i>B. orientalis</i>											
Von: Phänologische Phase Frühsommer, gekennzeichnet durch Blühbeginn Schwarzer Holunder und Robinie											
Bis: Beginn phänologische Phase Hochsommer, gekennzeichnet durch Blühbeginn Sommer-Linde, Fruchtreife Johannisbeere											
Fernerkundungswirksame Merkmale: Blüten, kompakte Struktur der Blütenstände											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Abbildung 50 Aufnahmezeitfenster und Korrelation mit phänologischer Phase sowie fernerkundungswirksame Merkmale von *B. orientalis* (Phänologische Jahreszeiten nach dem Deutschen Wetterdienst, URL: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101996&lv3=102054>).

Versuche zur Biologie

Bestimmung der Lebensfähigkeit von Samen verschiedener Populationen

Im Zeitraum August 2016 bis April 2018 wurden mit 5 Populationen Keimtests mit anschließendem 2, 3, 5 -Triphenyltetrazoliumchlorid Test durchgeführt (TTC-Test für die Bestimmung der Lebensfähigkeit, ausführliche Beschreibung bei STARFINGER und KARRER, 2016). Die Samen wurden aus unterschiedlichen Quellen bezogen (Sammlungen der Projektpartner und kommerzielle Erwerbung). Der Keimtest wurde in Petrischalen nach einem standardisierten Protokoll am JKI durchgeführt. Die Samen wurden an einem kühlen (6 °C), dunklen und trockenen Ort gelagert. Pro Population wurden 100 Samen getestet. 25 Samen pro Petrischale wurden auf Filterpapier in Petrischalen gegeben und feucht gehalten. In einer Klimakammer wurden die Samen bei 14 Stunden Tageslicht und 25 °C sowie 10 Stunden Dunkelheit bei 15 °C für 14 Tage bebrütet. Nach 14 Tagen wurden die noch nicht gekeimten Samen mit dem TTC-Test auf Lebensfähigkeit geprüft. Es ergab sich eine geringe Variabilität zwischen den Populationen hinsichtlich ihres Anteils an lebenden Samen, welcher im Bereich von 93 bis 100 % lag (Tabelle 19). Auf Grund der Hartschaligkeit der Samen brauchen sie deutlich länger als 14 Tage zum Keimen.

Tabelle 19 Anteil gekeimter, lebensfähiger und toter Samen [%] von *B. orientalis*

Ort und Jahr der Sammlung	gekeimt (Keimtest in Petrischalen)	lebensfähig (TTC-Test)	lebende Samen (gekeimt + lebensfähig)	tot
JKI 2016	1	99	100	0
Gutenberg 2016	0	98	98	2
JKI 2017	0	98	98	2
Templiner Kräutergarten 2016	0	97	97	3
Westerhausen 2016	0	93	93	7

Einfluss von Temperatur und Bebrütungsdauer auf die Lebensfähigkeit der Samen

Dieser Versuch diente der Einschätzung, ob die Samen von *B. orientalis* nach einem Kompostierungsvorgang noch lebensfähig sind. Dazu wurden 2016 Samen von zwei Populationen aus Sachsen-Anhalt und einer Population aus dem Unkrautgarten des JKI gesammelt. Für den Versuch wurden je Population 100 Samen schwimmend in Wasser unterschiedlich lange verschiedenen Temperaturen, wie sie in kommerziellen Kompostierungsanlagen vorkommen, ausgesetzt, (Tabelle 20). Um die maximal möglichen Effekte auf die Keimung zu erfassen, wurden zusätzlich eine unbehandelte Kontrolle (Ausgangsvitalität) und eine gekochte Variante (vollständig abgetötet) geprüft. Nach den Behandlungen wurde der 2,3,5-Triphenyltetrazoliumchlorid-Test (TTC-Test für die Bestimmung der Lebensfähigkeit, ausführliche Beschreibung bei STARFINGER und KARRER, 2016), mit den Samen durchgeführt.

Tabelle 20 Temperatur und Dauer des Versuchs mit 300 Samen von *B. orientalis* pro Variante

Temperatur	40°C		50°C		60°C		100°C	unbehandelte Kontrolle
Dauer	24h	72h	24h	72h	24h	72h	20 Minuten	-

Eine 100 %ige Abtötung der Samen von *B. orientalis* wurde nach 72 Stunden bei 50 °C und nach 24 Stunden bei 60 °C bestimmt sowie nach dem 20-minütigen Kochen (Abbildung 51). Aus den Versuchsergebnissen kann gefolgert werden, dass vor einer Zuführung von mit Samen von *B. orientalis* belasteter Biomasse in eine Kompostierungsanlage zu klären ist, ob die Anlage alle Voraussetzungen zur Abtötung der Samen sicher erfüllt (Temperatur, Dauer, Feuchte) - andernfalls ist eine unbeabsichtigte Weiterverbreitung nicht ausgeschlossen.

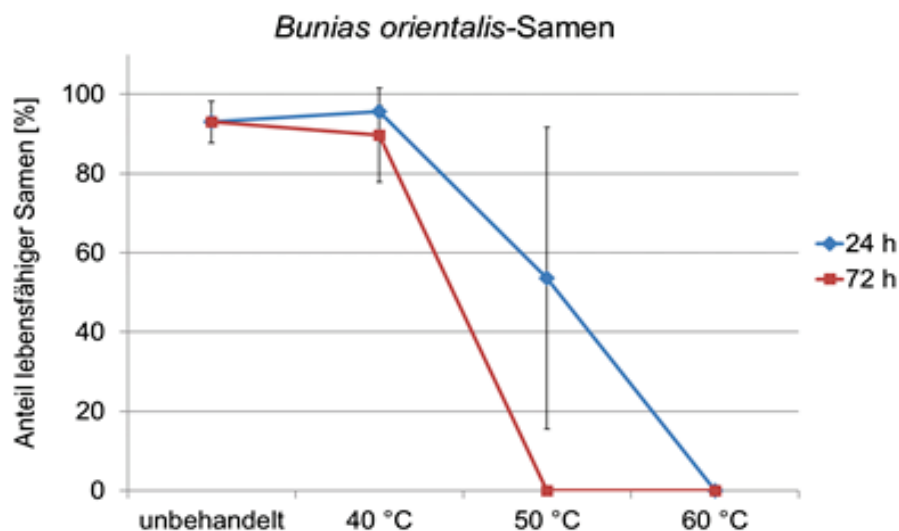


Abbildung 51 Anteil lebensfähiger Samen von *B. orientalis* nach der Einwirkung verschiedener Temperaturen über zwei Zeiträume. Mittelwert (n=300) mit Standardabweichung

Auflaufdynamik

In der Vegetationsperiode Anfang Juni wurden je 70 Samen von *B. orientalis* in Schalen (Din A 4) gefüllt, mit Mutterboden ausgelegt und mit 1 cm Erde bedeckt (4-fache Wiederholung). Es wurden die Varianten „gestört“ und „ungestört“ durchgeführt. Bei der gestörten Variante wurde der Boden mit einer Harke zwei Tage nach Aussaat oberflächlich bewegt. Die Bonitur der aufgelaufenen Samen erfolgte zweimal wöchentlich, die Keimlinge wurden dann entfernt. Unabhängig von der Variante gestört oder ungestört keimten die Samen von *B. orientalis* erst nach zwei Wochen. Dafür liefen sie aber bis Mitte September kontinuierlich auf einem niedrigen Level auf (Abbildung 52). Der prozentuale Anteil der Samen, die insgesamt aufkamen, betrug für die Variante „gestört“ 44 % und für die Variante „ungestört“ 60 %.

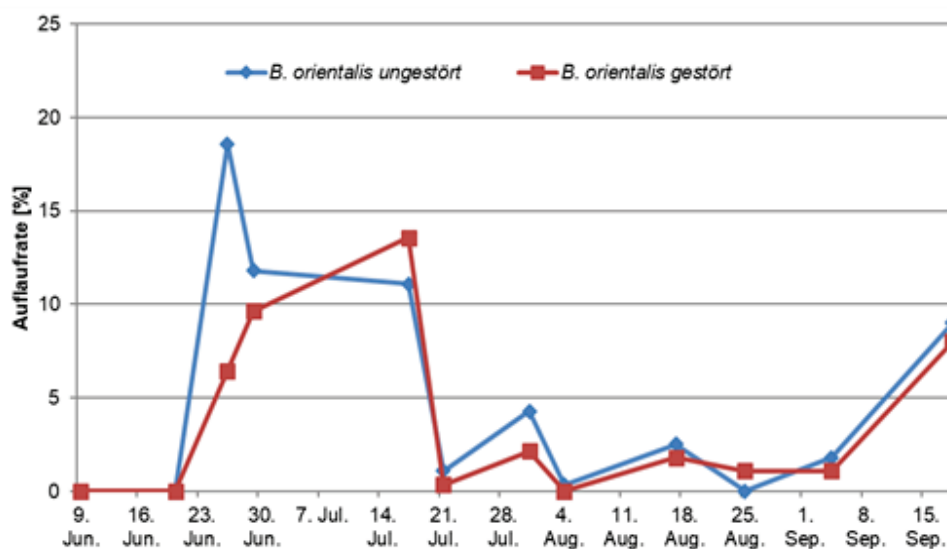


Abbildung 52 Auflaufrate [%] von *B. orientalis* von Anfang Juni bis Ende September 2017

Der Versuch zeigt, dass eine oberflächliche Bodenbearbeitung die Samen vergräbt und weniger Samen aufgelaufen sind. Die Samenbank des Bodens wird so erhöht, dies sollte vermieden werden.

Es ist anzunehmen, dass *B. orientalis* während der ganzen Vegetationsperiode regelmäßig bekämpft werden muss, da kontinuierlich Pflanzen auflaufen, was aufwendig und kostenintensiv ist.

Bekämpfung

Wirkungsvergleich verschiedener Herbizide im Labor

Die ausgewählten Herbizide (Tabelle 20) haben eine Zulassung (zum Zeitpunkt 2016) im Ackerbau, Grünland, Forst und Nichtkulturland und wirken gegen eine Vielzahl an Schadorganismen. Standardmäßig wurden alle im Projekt untersuchten Neophyten mit denselben Herbiziden behandelt. Die einzelnen Pflanzen wurden im Keimblattstadium (BBCH 9-10) pikiert: je Topf (288 ml) eine Pflanze. Pro Herbizid wurden 10 Pflanzen behandelt, jede Pflanze stellte eine Wiederholung dar. Appliziert wurde die jeweilige Aufwandmenge mit 300 l Wasser/ha. Der Spritzdruck betrug 2,5 kPa und die Geschwindigkeit 2,5 km/h. Die Applikation erfolgte in einer stationären Applikationsanlage der Firma Schachtner zum BBCH Stadium 14-16. Die Bestimmung der Spross-Trockenmasse erfolgte 4 Wochen nach Applikation. In Relation zu der unbehandelten Kontrolle wurde der Wirkungsgrad nach ABBOTT (1925) bestimmt. Ein 100 %iger Wirkungsgrad wurde mit den Herbiziden Clinic, Katana, U 46 D-Fluid, Biathlon 4D und Loredo erzielt. Keine Wirkung hingegen hatte Garlon. Es ist davon auszugehen, dass die Wirkung bei mehrjährigen Pflanzen geringer ausfallen wird.

Tabelle 20 Verwendete Herbizide und ihr Wirkungsgrad bei *B. orientalis*

Herbizid	Wirkstoff	Aufwandmenge	¹ WSSA Code	Wirkungsgrad [%]
Clinic	Glyphosat (360 g/l)	5 l/ha	9	100
Katana	Flazasulfuron (250 g/kg)	200 g/ha	2	100
Harmony SX	Thifensulfuron (45 g/kg)	45 g/ha	2	80
Biathlon 4D	Tritosulfuron; Florasulam (714; 54 g/kg)	70 g/ha	2; 2	100
Simplex	Fluroxypyr; Aminopyralid (100; 30 g/l)	2 l/ha	4; 4	32
Garlon	Triclopyr; Fluroxypyr (150; 150 g/l)	2 l/ha	4; 4	0
U 46 D Fluid	2,4-D (500 g/l)	2 L/ha	4	100
Loredo	Diflufenican; Mecoprop-P (33,3; 500 g/l)	2 l/ha	12; 4	100

¹Klassifizierung der Wirkungsmechanismen für Herbizide nach dem numerischen System der Weed Science Society of America (WSSA)

Unterdrückung durch Konkurrenzpflanzen

In einem Halbfreilandversuch in den Jahren 2017 und 2018 wurde die Konkurrenzfähigkeit von *B. orientalis* in einem Modellpflanzenbestand getestet. Die Art wurde jeweils als Einzelpflanze (dies entsprach einer Dichte von 20 Pflanzen pro m²) mit einem BBCH von 10-11 zusammen mit Sommergerste (BBCH 10-11) in drei verschiedenen Dichten (100, 300, 600 Sommergerstenpflanzen/m²) und in 4-facher Wiederholung in eine mobile Gefäsanlage gepflanzt, welche bei extremen Wetterverhältnissen unter Dach gefahren werden konnte. Die Sommergerste diente als Modellpflanze, um die Sensibilität des Neophyten gegenüber Konkurrenzpflanzen zu

testen. Ein weiterer Faktor war die N-Düngung. Um deren Einfluss auf die Konkurrenz und Biomasseproduktion bestimmen zu können, wurden zwei N-Düngungsvarianten mit NPK Dünger (12/12/17, Firma Triferto Fertilizers, NL) gewählt:

- 75 kg/ha N in zwei Gaben (30 kg/ha N bei BBCH 21 und 45 kg/ha N bei BBCH 24-27 der Sommergerste)
- 150 kg/ha N in 4 Gaben (30 kg/ha N bei BBCH 21; 45 kg/ha N bei BBCH 24-27; 45 kg/ha N bei BBCH 37 und 30 kg/ha N bei BBCH 47 der Sommergerste)

Die Gefäße hatten ein Volumen von 10 l und eine Oberfläche von 500 cm². Die oberirdische Trockenmasse von *B. orientalis* wurde zur Gelbreife (BBCH 87) der Sommergerste bestimmt (Abbildung 53).

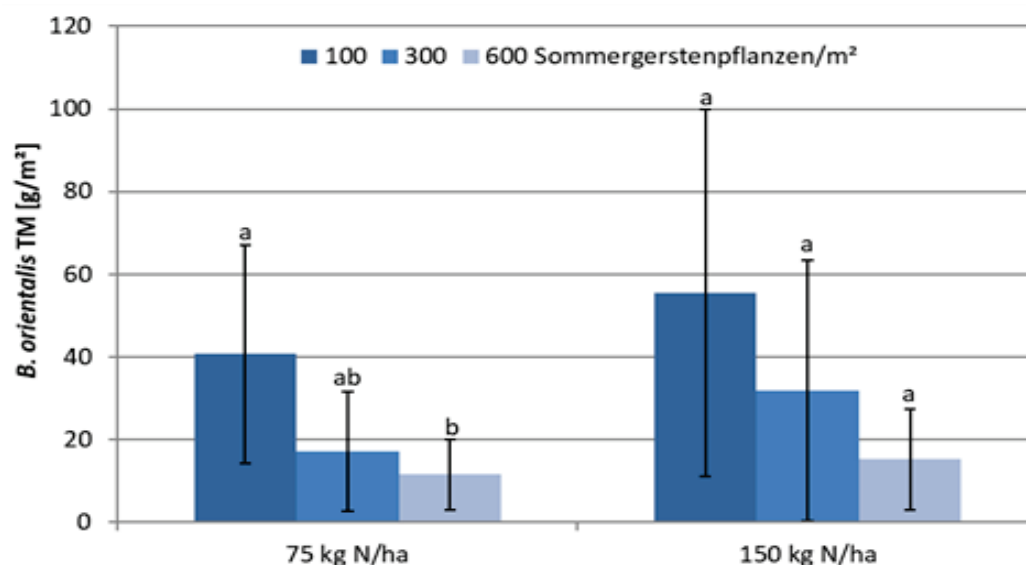


Abbildung 53 Trockenmasse [TM] von *B. orientalis* zum Zeitpunkt der Gelbreife (BBCH 87) der Sommergerste bei unterschiedlichen Dichten der Sommergerstenpflanzen (100, 300 und 600 Pflanzen/m²) und einer N-Düngung von 75 bzw. 150 kg/ha. Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben innerhalb einer Düngungsvariante unterscheiden sich signifikant ($P < 0,05$). Dargestellt sind die Mittelwerte mit Standardabweichung.

In beiden N-Düngungsvarianten nahm die Biomasse von *B. orientalis* mit zunehmender Pflanzendichte der Modellpflanze (Sommergerste) ab (Abbildung 50). Ein signifikanter Unterschied ($P < 0,05$) bestand hinsichtlich der Trockenmasse zwischen der Variante 100 und 600 Modellpflanzen pro m² für 75 kg/ha N. Die Versuche zeigen, dass durch höhere Aussaatstärken und daraus resultierende dichtere Kulturpflanzenbestände die Konkurrenzfähigkeit von *B. orientalis* eingeschränkt werden kann, eine reduzierte N-Düngung verstärkt diesen Effekt. Mit steigendem Konkurrenzdruck durch die Kultur konnte *B. orientalis* das zusätzliche Stickstoffangebot nicht mehr nutzen. In Verbindung mit anderen ackerbaulichen Maßnahmen, wie z. B. einer angepassten Bodenbearbeitung oder einem Fruchtfolgewechsel, ist von einer effektiven Verdrängung des Neophyten durch Konkurrenz auszugehen.

N-Verwertung

In einem weiteren Halbfreilandversuch in den Jahren 2017 und 2018 wurde die N-Verwertung von *B. orientalis* in einem Modellpflanzenbestand getestet. Die Art wurde als Einzelpflanze bei einem BBCH von 12-16 (pro m² entsprach dies einer Dichte von 20 Pflanzen) in 4-facher Wiederholung in eine mobile Gefäßanlage gepflanzt. Die Gefäße hatten ein Volumen von 10 l und eine Oberfläche von 500 cm². Es wurde die oberirdische Trockenmasse bestimmt. Um den Einfluss der N-Düngung auf die

Trockenmasseproduktion bestimmen zu können, wurden drei N-Stufen mit NPK Dünger (12/12/17, Firma Triferto Fertilizers, NL) gewählt:

- 30 kg/ha N
- 75 kg/ha N
- 120 kg/ha N

Die Stickstoffgaben wurden in beiden Jahren zur gleichen Zeit (11 Tage nach dem Pikieren) und als eine Gabe ausgebracht. Die Ernte erfolgte in beiden Jahren Anfang August zum BBCH 19. Die drei Varianten der N-Düngung (30, 75, 120 kg/ha N) ergaben eine positive Korrelation von Biomasseertrag und Stickstoffdüngung (Abbildung 54).

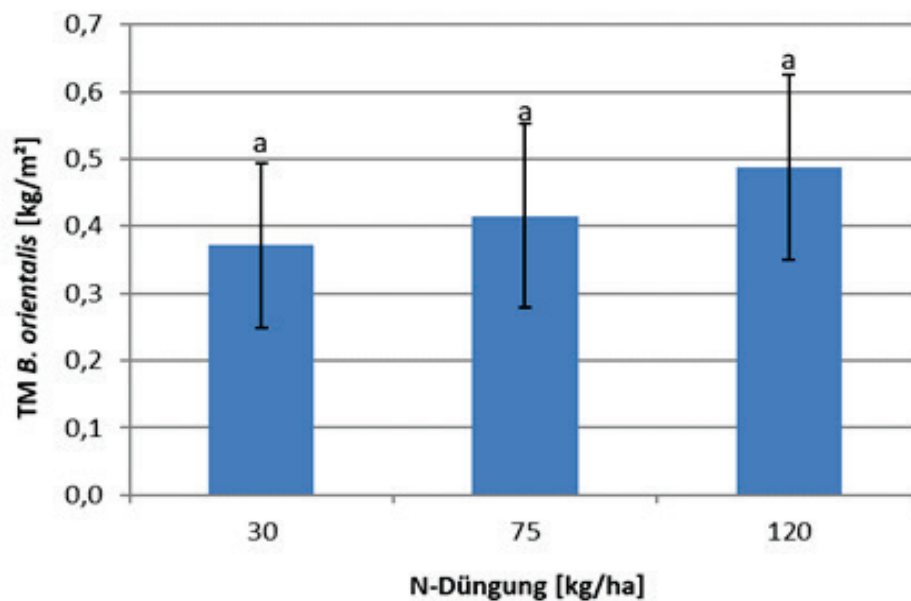


Abbildung 54 Trockenmasse [TM] von *B. orientalis* bei unterschiedlicher N-Düngung von 30, 75 und 120 kg/ha. Säulen mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant ($P < 0,05$). Dargestellt sind die Mittelwerte mit Standardabweichung.

Thermische Bekämpfung

Um die Bekämpfung von *B. orientalis* mittels Abflammens zu testen, wurde in den Jahren 2018 und 2019 ein Kleinparzellenversuch angelegt. *B. orientalis* wurde im Freiland mit je 4 Pflanzen pro Art in einer Reihe gepflanzt. Neben einer unbehandelten Kontrolle wurden drei Abflammintensitäten (2, 4 und 8 Behandlungen) in 4-facher Wiederholung geprüft. Der Abstand zwischen den Behandlungen betrug eine Woche. Das Abflammen wurde mit dem handgeführten Modell Green-Flame 850 E (Fa. Nesbo A/S, DK-9550 Mariager, Dänemark) bei 2 km/h durchgeführt. Die Pflanzen waren zum Zeitpunkt der 1. Behandlung im BBCH Stadium 15-19. Die Ernte erfolgte 4 Wochen nach der letzten Behandlung, ermittelt wurde die oberirdische Trockenmasse je Parzelle. Im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle wurde der Wirkungsgrad nach ABBOTT (1925) bestimmt (Tabelle 21).

Tabelle 21 Wirkungsgrad [%] durch Abflammen in Abhängigkeit der Behandlungshäufigkeit bei *B. orientalis*

2 mal Abflammen	4 mal Abflammen	8 mal Abflammen
7	31	62

Erwartungsgemäß zeigte sich, dass ein 8-maliges Abflammen die höchste Trockenmassereduktion bewirkte und damit auch den höchsten Wirkungsgrad von 62 % erzielte (Tabelle 25). Ein vollständiges Absterben wurde nicht beobachtet. Da es sich bei dem untersuchten Neophyten um eine perennierende Art handelt, muss von einem Wiederaustrieb ausgegangen werden. Eine langfristige, mehrjährige Bekämpfung ist daher unumgänglich. Auch das Wuchsstadium zum Zeitpunkt der ersten Behandlung hat einen Einfluss auf den Bekämpfungserfolg (ASCARD, 1995; HORESH et al., 2019): Je älter die Pflanze ist, umso besser kann sie sich regenerieren.

Mechanische, kombinierte und chemische Bekämpfung im Freilandversuch

Für die Versuche wurden vorhandene (etablierte) Bestände von *B. orientalis* bei Zilly (nördlicher Harzrand), Hecklingen im Salzlandkreis und Gutenberg bei Halle ausgewählt (Abbildung 55).



Abbildung 55 Standorte der Versuchsflächen zur Bekämpfung von *B. orientalis* in Sachsen-Anhalt

In allen Untersuchungsflächen kommt *B. orientalis* seit mehreren Jahren in großen Dominanzbeständen vor und es ist davon auszugehen, dass jeweils eine ausgeprägte Bodensamenbank vorhanden ist. Eine Versuchsreihe [n=5] umfasste jeweils 10 Parzellen (Einzelflächen) für die Umsetzung der Maßnahmen (Tabelle 22). Dabei lagen 3 der Versuchsreihen in voll besonnener Lage (Gutenberg, Zilly) und zwei unter Baumbestand bzw. im Halbschatten (Hecklingen, Zilly). Die Anordnung der Parzellen erfolgte in Reihe (1 x 10) oder im Block (2 x 5) mit jeweils 0,5 m Abstand zur Nachbarparzellen im homogenen Ausgangsbestand. Die Fläche einer einzelnen Parzelle betrug jeweils 2 m x 1 m. Die Abstandsflächen zwischen den Parzellen wurden mehrfach im Jahr freigestellt (gemäht mit Freischneider); das Mahdgut wurde jeweils beräumt. Im Zusammenhang mit der Anlage der Versuchsflächen sowie jeweils im März eines Jahres wurden alle

Parzellen zur Herstellung vergleichbarer Ausgangsbedingungen einmalig gemäht, das Mahdgut wurde von der Fläche entfernt. Die Entwicklung der Zielart auf den Versuchs- und Kontrollflächen wurde im Rahmen von monatlichen Bonituren (April-Oktober) regelmäßig dokumentiert. Erfasst wurden der Deckungsgrad der Vegetationsdecke, der Rohbodenanteil, der Deckungsgrad von *B. orientalis* nach LONDO (1976), die Anzahl blühender bzw. fruchtender Exemplare sowie die Bestandshöhe von *B. orientalis*. Alle Maßnahmen wurden entsprechend des angegebenen Zeitpunktes/der angegebenen Häufigkeit in jedem Umsetzungsjahr durchgeführt (Abweichungen siehe Beschreibung der Einzelmaßnahme).

Tabelle 22 Versuchsflächen und Bekämpfungsmaßnahmen von *B. orientalis*

Lage	Zilly, Gutenberg, Hecklingen; Sachsen-Anhalt, Deutschland		
Flächen	5 Versuchsreihen; Zilly (2), Hecklingen (1), Gutenberg (2)		
Nutzung	keine		
Teilfläche	Umsetzung/Laufzeit 2017 - 2019		
	Mittel/Maßnahme	Umsetzung	Zeitpunkt
Parzelle 1	Simplex	Spritze	Mai (1x p. a.)
Parzelle 2	Loredo	Spritze	Mai (1x p. a.)
Parzelle 3	RoundUp +Mahd	Dochtstreichgerät	April/Juni (1x p. a.)
Parzelle 4	Mahd + Brennesseljauche	Freischneider/Gießkanne	Juni (1x p. a.)
Parzelle 5	Haksar	Spritze	Mai (1x p. a.)
Parzelle 6	Häufige Mahd	Freischneider	Mai-Sep. (5 x p. a.)
Parzelle 7	Mahd/Striegeln	Freischneider/Harke	Mai-Sep. (5 x p. a.)
Parzelle 8	RoundUp + Abflammen + Ansaat	Spritze, Abflammgerät	April/Mai (1x p. a.)
Parzelle 9	Ausstechen	Ampferstecher	Juni, Aug. (1x p. a.)
Parzelle 10	Unbehandelte Kontrolle	-	-

Mechanische Bekämpfung

Häufige Mahd (Parzelle 6)

Die Bekämpfungsmaßnahme "Häufige Mahd" wurde auf Parzelle 6 der Versuchsanordnung in einem vierwöchigen Abstand von Mai bis September mit insgesamt fünf Mahdgängen pro Vegetationsperiode umgesetzt. Zum Einsatz kam ein Freischneider, Stihl FS-550, mit Dickichtmesser als Schneidwerkzeug. Die Parzelle wurde jeweils ganzflächig auf ca. 5 cm Höhe gemäht; das Schnittgut wurde vorsichtig mit einem Heurechen beräumt.

Mahd und Striegeln (Parzelle 7)

Die Bekämpfungsmaßnahme "Mahd und Striegeln" wurde auf Parzelle 7 der Versuchsanordnung in einem vierwöchigen Abstand von Mai bis September mit insgesamt fünf Mahdgängen pro Vegetationsperiode umgesetzt. Zum Einsatz kam ein Freischneider, Stihl FS-550, mit Dickichtmesser

als Schneidwerkzeug. Die Parzelle wurde jeweils ganzflächig auf ca. 5 cm Höhe gemäht; das Schnittgut wurde vorsichtig mit einem Heurechen entfernt. Im Unterschied zur Bekämpfungsmaßnahme "Häufige Mahd" erfolgte unmittelbar nach der Beräumung des Mahdguts jeweils die Simulation eines Striegeln der Fläche. Dazu wurde mit einer Stahlharke die gesamte Versuchsfläche unter erhöhtem Bodendruck einmalig abgezogen.

Ausstechen (Parzelle 9)

Das Ausstechen erfolgte mit einem Ampfer- bzw. Unkrautstecher (Handgerät ähnlich Spaten mit T-Griff und Holzstiel; Blatt stabil, schmal zulaufend mit 3,5-6 cm Breite und 26 cm Länge) zweimal in der Vegetationsperiode, im Juni und August. Bei den einzelnen Arbeitsgängen wurden sowohl die adulten als auch die Jungpflanzen von *B. orientalis* mit möglichst großen Wurzelanteilen ausgestochen und von der Fläche entfernt. Aufgrund von skelettreichen Böden beschränkte sich insbesondere an den Standorten Gutenberg und Hecklingen die Eindringtiefe des Ampferstechers stellenweise auf knapp 10 cm. Im Versuchszeitraum reduzierte sich die Deckung von *B. orientalis* im Versuchsverlauf auf allen Maßnahmeflächen (Parzelle 6, 7, 9) im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Abbildung 56). Eine häufige Mahd im Zeitfenster Mai bis September schützt vor einer Ausbildung keimfähiger Samen und einer entsprechenden Ausbreitung der Art. Allerdings wird *B. orientalis* durch die tief liegenden Blattrosetten offenbar nicht nachhaltig geschädigt und treibt zügig nach dem Schnitt erneut aus. Ähnliches konnte auf Parzelle 7 "Mahd + Striegeln" beobachtet werden. Hier scheint *B. orientalis* aber im Vergleich zu der Begleitvegetation von der oberflächlichen Störung eher zu profitieren.

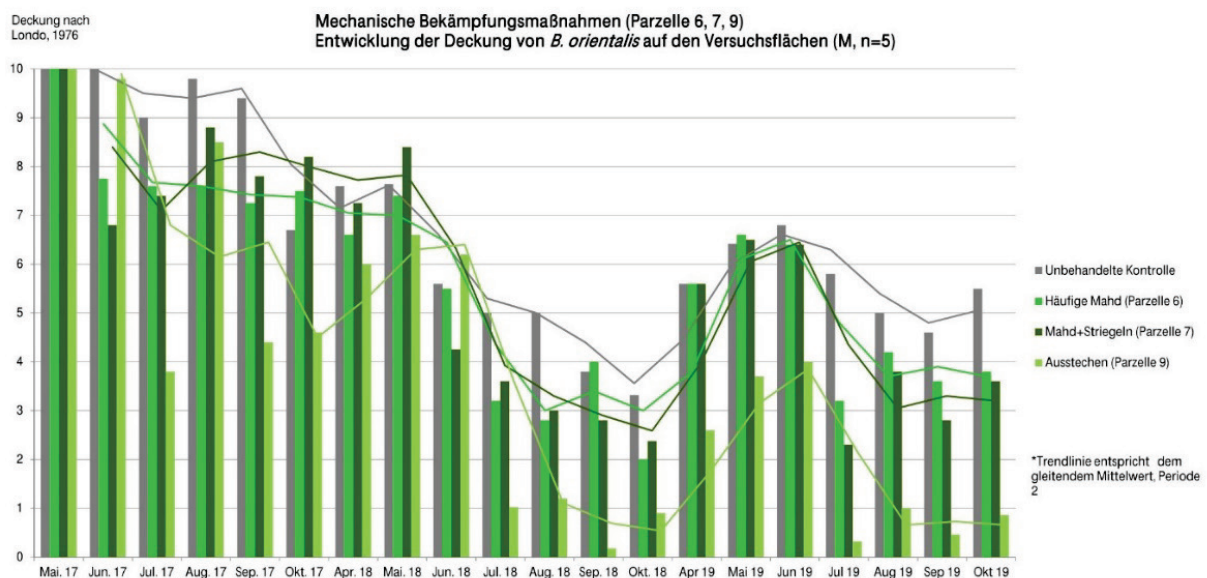


Abbildung 56 Ergebnisse der mechanischen Bekämpfungsversuche bei *B. orientalis* im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (LPV).

Die deutlichste Reduzierung von *B. orientalis* wurde auf Parzelle 9 mit der Maßnahme "Ausstechen" erreicht. Hier ist bei konsequenter Anwendung mittelfristig von einer vollständigen Zurückdrängung der Art auszugehen. Auffällig sind bei allen Versuchsflächen die deutlichen (wenn auch regional unterschiedlichen) Auswirkungen der Dürre während der Vegetationsperiode im Versuchszeitraum (Abbildung 57). Gleichwohl ist *B. orientalis* an diese Witterung besser angepasst als viele heimische

Arten und dürfte trotz der reduzierten Deckung auf den Versuchsflächen eher von diesen Extremen profitieren.

Hecklingen, Versuchsreihe 1, Parzellen 1-10, 16.10.2018



Gutenberg, Versuchsreihe 2, Parzellen 1-10, 18.10.2018

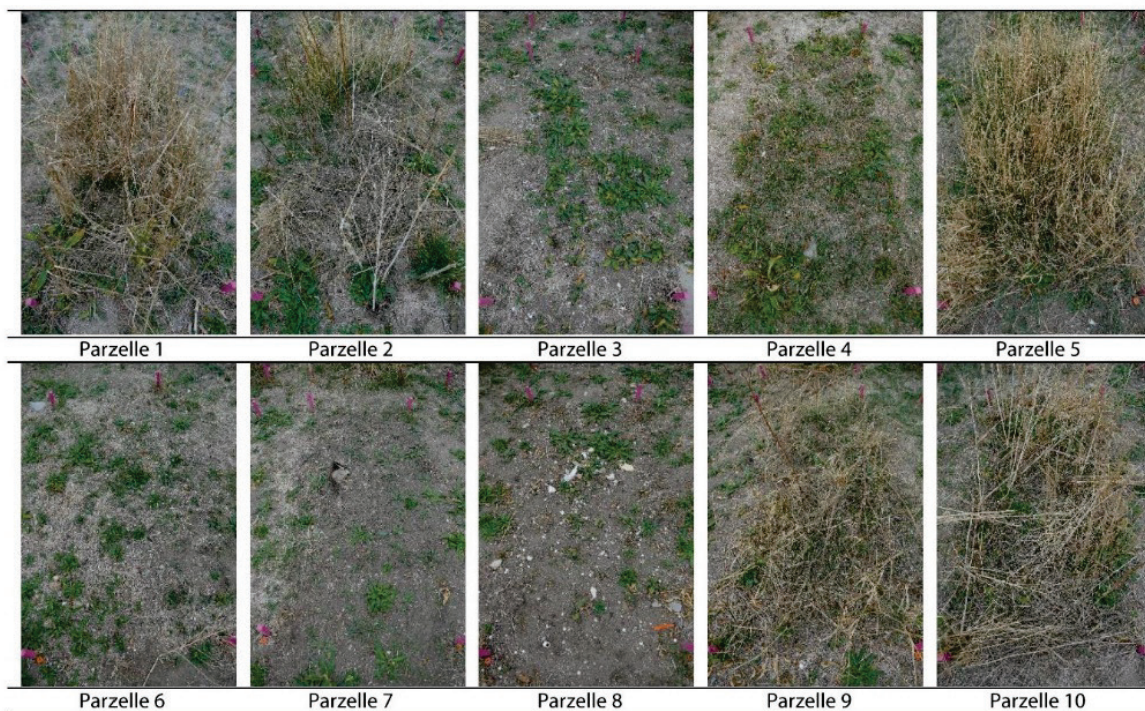


Abbildung 57 Versuchsflächen *B. orientalis*, Versuchsreihe 1 in Hecklingen am 16.10.2018 und Versuchsreihe 2 in Gutenberg am 18.10.2018, Sachsen-Anhalt, Deutschland; Aufgrund anhaltender, extremer Dürre sind viele Parzellen überwiegend vegetationsfrei. *B. orientalis* ist hier noch am besten angepasst (Fotos: LPV „Grüne Umwelt“ e. V.).

Kombinierte Verfahren zur Bekämpfung

RoundUp in Kombination mit Mahd (Parzelle 3)

Bei dieser Maßnahme wurde RoundUp (Wirkstoff Glyphosat, 360 g/l, Konzentration: 33%-ige Lösung) mit Hilfe eines Dochtstreichgeräts (handgeführtes Werkzeug zur Applikation von Herbiziden im Kontaktverfahren) auf der Rosette der Zielpflanzen verteilt. Der Herbizideinsatz erfolgte einmal jährlich, jeweils im April eines Versuchsjahres (Ausnahme: 1. Versuchsjahr – hier verzögerte sich die Umsetzung aufgrund der ausstehenden Genehmigung bis zum 20.06.2017). Zur Vermeidung des Blühens/Fruchtens von *B. orientalis* erfolgte eine Zwischenmahd mit Freischneider, Stihl FS-550, Dickichtmesser als Schneidwerkzeug, Schnitthöhe: 10 cm, mit vorsichtiger Beräumung des Schnittguts am 18.05.2017 in Zilly, 29.05.2017 in Gutenberg und 30.05.2017 in Hecklingen). Es wurde jeweils mindestens $\frac{1}{3}$ der Blattfläche von *B. orientalis* selektiv (unter Schonung der Konkurrenzvegetation) benetzt. Die Mahd mit einem Freischneider, Stihl FS-550 mit Dickichtmesser als Schneidwerkzeug, erfolgte jeweils im Juni eines Versuchsjahres (Ausnahme 1. Versuchsjahr - entfallen). Die Parzelle wurde ganzflächig auf ca. 5 cm Höhe gemäht; das Schnittgut wurde unmittelbar danach vorsichtig mit einem Heurechen von der Fläche beräumt. Entwicklung der Deckung im Versuchsverlauf: Abbildung 55.

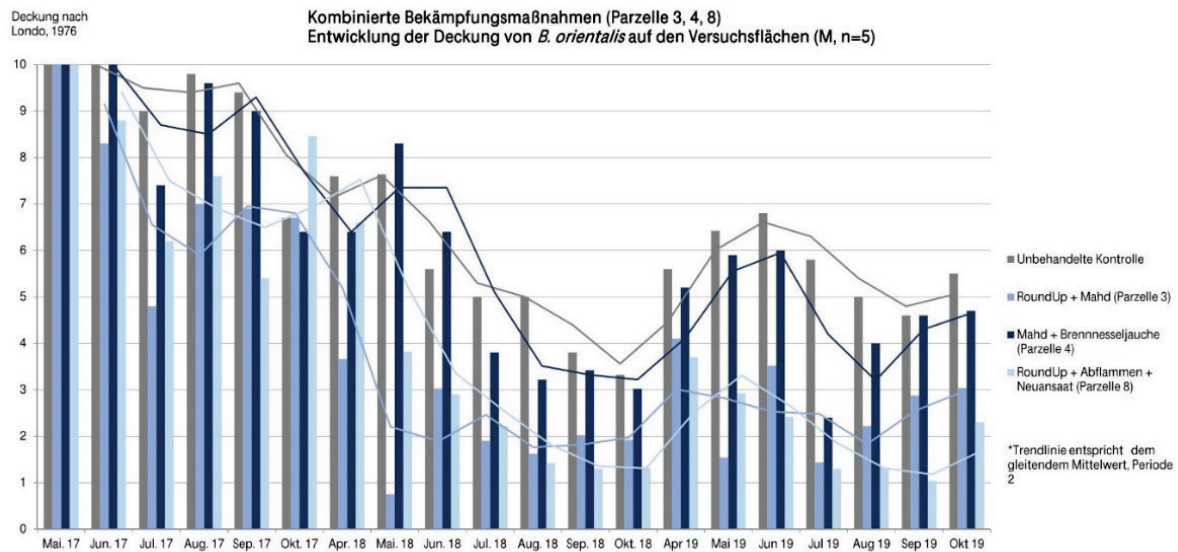
Mahd und Brennnesseljauche (Parzelle 4)

Ausgangsfrage für diese Versuchsanordnung war: Führt die Benetzung einer frischen Schnittfläche von *B. orientalis* mit einer Lösung, die reich an pflanzenzersetzenden Organismen ist (wie Gärreste oder hier Brennnesseljauche), zu einer Bestandsreduktion der Art? Dazu wurde die Versuchsparzelle im Juni mit Freischneider (Stihl FS-550, Dickichtmesser als Schneidwerkzeug) ganzflächig auf ca. 5 cm Höhe gemäht. Das Schnittgut wurde vorsichtig von der Fläche beräumt, anschließend erfolgte sofort die Behandlung der Fläche mit Brennnesseljauche. Das Ausgangsmaterial für die Brennnesseljauche (ca. 11 kg Frischmasse von *Urtica dioica*) wurde von einem Standort bei Magdeburg, Zipkeleben gewonnen und am selben Tag zu Jauche angesetzt. Dazu wurde die Frischmasse aus Blättern und Stängeln mit 110 l Wasser versetzt und abgedeckt in einem Plastikfass gelagert. Zwischen Ansatz und Ausbringung der Jauchen lagen ca. 14 Tage. Die Jauche wurde durch ein grobes Leinen/Baumwolltuch gegossen und somit von größeren festen Bestandteilen getrennt. Die Ausbringung der nunmehr grob gefilterten Jauche auf die Fläche erfolgte mittels Gießkanne mit Brausekopf. Die Fläche wurde vollflächig mit 5 l Jauche auf 2 m² behandelt. Die Entwicklung der Deckung im Versuchsverlauf zeigt Abbildung 58.

RoundUp in Kombination mit Abflammen und Neuansaat (Parzelle 8)

Das Herbizid RoundUp (Wirkstoff Glyphosat, 360 g/l, 4 l/ha in 400 l/ha Wasser) wurde mit einem Drucksprüher (Gloria) mit Manometer und einem Fassungsvermögen von 5 l ausgebracht. Die Düse wurde auf feinste Zerstäubung eingestellt, der Arbeitsdruck betrug 2 bar, die durchschnittliche Spritzmittelabgabe 463 ml/min. Die Anwendung erfolgte jeweils einmal in der Vegetationsperiode im April (Ausnahme: 1. Versuchsjahr – hier erfolgte die Umsetzung verzögert am 20.06.2017 aufgrund der ausstehenden Genehmigung). Zur Vermeidung des Blühens/Fruchtens von *B. orientalis* erfolgte eine Zwischenmahd mit Freischneider, Stihl FS-550, Dickichtmesser als Schneidwerkzeug, Schnitthöhe: 10 cm, mit vorsichtiger Beräumung des Schnittguts am 18.05.2017 in Zilly, 29.05.2017 in Gutenberg und 30.05.2017 in Hecklingen.) Das Abflammen erfolgte jeweils im Abstand von 2-4 Wochen zur Herbizidanwendung (nach dem Auflaufen der Keimlinge). Es wurde ein handgeführtes Abflamngerät (Firma Reinert) mit einem maximalen Gasdurchfluss von 12 kg/h Propan/Butan-Gemisch und einer Arbeitsbreite ca. 20 cm eingesetzt. Das Gerät wurde auf maximale Leistung

eingestellt und in einer Höhe von 15-20 cm langsam über die Versuchsfläche geführt. Die Behandlung der Versuchsfläche erfolgte ganzheitlich streifenförmig. Im Anschluss erfolgte die Aussaat einer



standortgerechten, gebietsheimischen Gräser-/Kräutermischung (Rieger-Hofmann, Blumenwiese PR3, Gräser-Kräuter Verhältnis 50/50, 4 g/m²; aufgemischt mit Sägemehl) auf die zuvor oberflächlich aufgeraute Versuchsfläche (<5 cm). Entwicklung der Deckung im Versuchsverlauf: Abbildung 58.

Abbildung 58 Ergebnisse kombinierter Bekämpfungsversuche bei *B. orientalis* im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle.

Der Versuchsansatz "Mahd und Brennesseljauche" (Parzelle 4) hat nicht zu einer nennenswerten Reduzierung der Deckung von *B. orientalis* auf den Parzellen geführt. Es ist zu vermuten, dass dies auch auf eine Ausbringung von ähnlichen Substanzen, wie Gärresten aus Biogasanlagen, zutrifft. Eine Einzelpflanzenbehandlung im Dochtstreichverfahren mit RoundUp (Wirkstoff: Glyphosat, 360 g/l als 33%-ige Lösung) in Kombination mit einer Nachmahd führte zu einer deutlichen Reduzierung der Deckung. Die Applikation ist allerdings aufwändig und an Handarbeit gebunden. Die Blätter von *B. orientalis* geben leicht nach, eine ausreichende Benetzung ist zeitintensiv. Die Kombination aus dem Einsatz eines gegen *B. orientalis* wirksamen Totalherbizids (hier: RoundUp, Wirkstoff Glyphosat, 360 g/l in 400 l Wasser/ha) mit einer Nachbehandlung der auflaufenden Keimlinge aus der Bodensamenbank (hier: Abflammen) und der anschließenden Neuansaat (Parzelle 8) hat im Vergleich der kombinierten Bekämpfungsansätze die beste Reduzierung der Deckung von *B. orientalis* erreicht. Mit Blick auf das zeitlich gestreckte Auflaufverhalten der Art (Abbildung 49, Versuch Auflaufverhalten JKI) ist eine mehrfache Beseitigung der Keimlinge vor Einbringen der Saatgutmischung und die nachfolgende Einsatz konkurrenzstarker Zwischenkulturen ein sinnvoller Ansatz zur Optimierung der Bekämpfung.

Chemische Bekämpfung

Anwendung von Herbiziden: Simplex (Parzelle 1), Loredol (Parzelle 2), Haksar (Parzelle 5) Die Wirksamkeit der Herbizide Simplex, Loredol und Haksar gegenüber *B. orientalis* wurde im Rahmen der dreijährigen Freilandversuche 2017-2019 getestet. Die Applikation der Mittel erfolgte einmal jährlich im Mai (Ausnahme: 1. Versuchsjahr – hier erfolgte die Umsetzung verzögert am 20.06.2017 aufgrund der ausstehenden Genehmigung. Zur Vermeidung des Blühens/Fruchtens von *B. orientalis* erfolgte ein Schnitt mit Freischneider, Stihl FS-550, Dickichtmesser als Schneidwerkzeug, Schnitthöhe: 10 cm, mit vorsichtiger Beräumung des Schnittguts am 18.05.2017 in Zilly, 29.05.2017 in Gutenberg und

30.05.2017 in Hecklingen.) Als Applikationsgerät wurde ein Gloria Drucksprüher mit Manometer und einem zugelassenen Gesamtfassungsvermögen von 5 l eingesetzt. Die Düse wurde auf feinste Zerstäubung eingestellt, der Arbeitsdruck betrug 2 bar, die durchschnittliche Spritzmittelabgabe 463 ml/min (Tabelle 23). Entwicklung der Deckung im Versuchsverlauf: Abbildung 59.

Tabelle 23 Herbizide im Freilandversuch von *B. orientalis*

Herbizid	Wirkstoff	Aufwandmenge	¹ WSSA-Code
Simplex (Parzelle 1)	100 g/l Fluroxypyr (144 g/l 1-Methyl-heptylester) + 30 g/l Aminopyralid (36 g/l Kalium-Salz)	2 l/ha (in 400 l H ₂ O/ha)	4;4
Loredo (Parzelle 2)	33,3 g/l Diflufenican + 500 g/l Mecoprop-P (Dimethylaminsalz)	2 l/ha (in 400 l H ₂ O/ha)	12;4
Haksar (Parzelle 5)	500 g/l MCPA (612,41 g/l Dimethylamin-Salz)	1,5 l/ha (in 300 l H ₂ O/ha)	4

¹Klassifizierung der Wirkungsmechanismen für Herbizide nach dem numerischen System der Weed Science Society of America (WSSA)

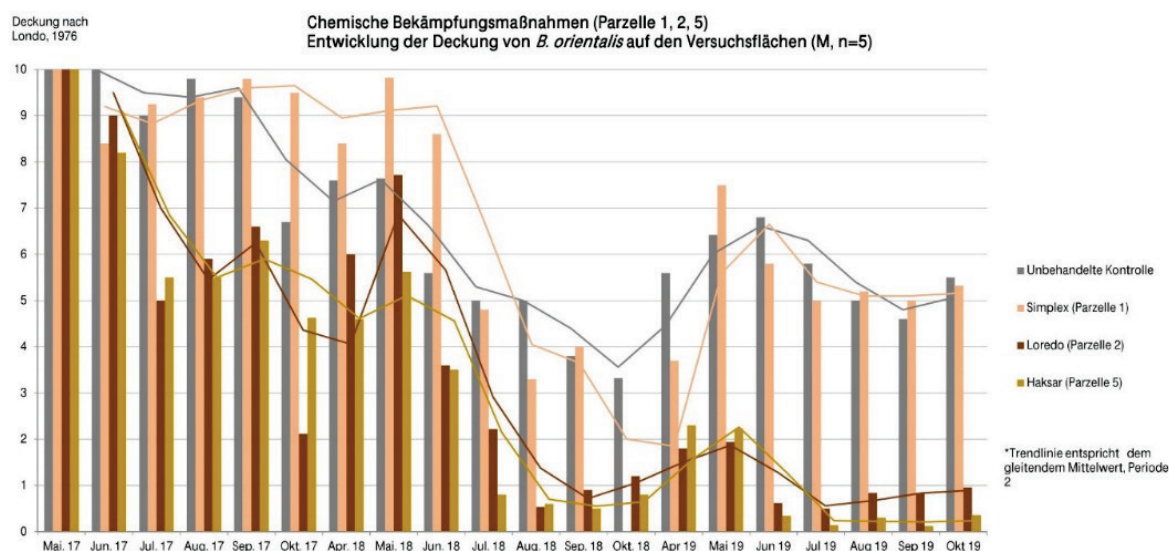


Abbildung 59 Ergebnisse chemischer Bekämpfungsversuche bei *B. orientalis* im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle.

Im Ergebnis führte der Einsatz von Simplex gegen *B. orientalis* im Freilandversuch nicht zu einer Reduzierung der Deckung. Die Art bildete nach Ablauf der Versuchsreihe auf Parzelle 1 einen vitalen, dichten Bestand. Die geringe bis fehlende Wirkung spiegelt sich in den Ergebnissen des Bekämpfungsversuchs (Tabelle 20) wider. Die Anwendung von Loredo (Parzelle 2) und Haksar (Parzelle 5) führte dagegen zu einem starken Rückgang der Deckung von *B. orientalis* auf den Versuchspartzellen. Diese Mittel sind daher gut geeignet, die Art zu kontrollieren.

Literatur

ABBOTT, W.S., 1925: A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *Journal of Economic Entomology*, **18** (2), 265-267.

ASCARD, J., 1995: Effects of flame weeding on weed species at different developmental stages. *Weed Research* **35**, 397-411.

- BRANDES, D., 1991: Untersuchungen zur Vergesellschaftung und Ökologie von *Bunias orientalis* L. im westlichen Mitteleuropa. Braunschweiger Naturkundliche Schriften Jg 3, Heft 4, 857-875.
- DULLAU, S., T. HARNACK, 2014: *Bunias orientalis* L. – ein Neophyt auf Wirtschaftsgrünland am Beispiel der Ganzjahresstandweide am Sperlingsberg bei Hainrode (Südharz). Mitteilungen zur floristischen Kartierung Sachsen-Anhalt (Halle) **19**, 25-35.
- HORESH, A., GOLDWASSER, Y., IGBARIYA, K., PELEG, Z., R. N. LATI, 2019: Propane Flaming as a New Approach to Control Mediterranean Invasive Weeds. *Agronomy-Basel* **9**, Article No 187.
- INFO FLORA, 2020: Glattes Zackenschötchen (Brassicaceae, Kreuzblütler). Das nationale Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora. Zugriff: 2. September 2021, URL: https://www.infoflora.ch/assets/content/documents/neophyten/inva_buni_ori_d.pdf.
- KOCH, M. A., F. MICHLING, A. WALTHER, X. C. HUANG, L. TEWES, C. MÜLLER, 2017: Early-Mid Pleistocene genetic differentiation and range expansions as exemplified by invasive Eurasian *Bunias orientalis* (Brassicaceae) indicates the Caucasus as key region. *Scientific Reports* **7** (1), 1-13.
- LONDO, G., 1976: The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetatio* **33** (1), 61-64.
- STARFINGER, U., G. KARRER, 2016: A standard protocol for testing viability with the Triphenyl Tetrazolium Chloride (TTC) Test. In: HALT Ambrosia - final project report and general publication of project findings. Ulrike Sölter, Uwe Starfinger and Arnd Verschwele (eds.), Julius-Kühn-Archiv Nr. **455**, 65-66. (<https://ojs.openagrar.de/index.php/JKA/article/view/7093>).
- STARFINGER, U., I. KOWARIK, G. SEIBT, G. BREHM, 2014: *Bunias orientalis*. Neobiota.de-Handbuch Gebietsfremde und invasive Arten in Deutschland. Bundesamt für Naturschutz. Zugriff: 2. September 2021, URL: <http://neobiota.bfn.de/handbuch/gefaesspflanzen/bunias-orientalis.html>.
- STEINLEIN, T., H. DIETZ, I. ULLMANN, 1996: Growth patterns of the alien perennial *Bunias orientalis* L. (Brassicaceae) underlying its rising dominance in some native plant assemblages. *Vegetatio* **125** (1), 73-82.

Handlungsempfehlungen für *Bunias orientalis*

Die gute fachliche Praxis gebietet es, vorbeugende und nicht chemische Bekämpfungsmaßnahmen einer chemischen Behandlung vorzuziehen. Im Falle einer chemischen Bekämpfung sind die Vorgaben für ein sicheres Resistenzmanagement zu beachten.

Tabelle 24 Handlungsempfehlungen für *B. orientalis*, Prävention, erfolgversprechende Maßnahmen, Maßnahmen mit unsicherem Erfolg und nicht erfolgreiche Maßnahmen

Prävention	
Absichtliche Einführung, z. B. als Zierpflanze, Saatgut (im Handel verfügbar) unbedingt verhindern [1]	
Die Ausbreitung erfolgt maßgeblich durch menschliche (anthropogene) Einflüsse: Verschleppung der Samen durch Fahrzeuge, Pflagechnik/Geräte, Weidetiere, Tierfutter und Saatguttransporte sowie Verschleppung von Samen und Wurzelfragmenten durch Bodentransporte. Indirekt begünstigen Störstellen, übernutzte oder artenverarmte Flächen die Ausbreitung - hier kann die Art sich leicht ansiedeln und Dominanzen entwickeln. Entsprechende Kontrollen sind zwingend notwendig, um die Ausbreitung durch den Menschen zu verhindern [2, 3, 4, 5, 6].	
Maßnahme mit Erfolgsaussicht	
Mechanische Methoden: Ausstechen (manuell)	
Beschreibung	Zweimal im Jahr werden alle Pflanzen mit einem Unkrautstecher ausgestochen und von der Fläche entfernt. Entscheidend ist die möglichst umfassende Entfernung der Wurzel. Ein Wiederaustrieb ist wahrscheinlich (aus verbliebenen Wurzelfragmenten) - die

folgenden Arbeitsgänge nehmen aber hinsichtlich des Aufwands und Zeitbedarfs ab. Aufgrund der hohen Personalkosten ist diese Maßnahme nur in frühen Befallsstadien zu empfehlen! Im Projekt wurde aufgrund der begrenzten (dreijährigen) Laufzeit keine vollständige Vernichtung erreicht, allerdings sank der erforderliche Arbeitsaufwand des letzten Durchgangs im Vergleich zum ersten Durchgang um 81 %.

Integration Keine direkte Integration in landwirtschaftliche Prozesse möglich.

Maßnahme mit Erfolgsaussicht

Integrierte Methoden/Anbauverfahren: Reduktion durch Konkurrenz

Beschreibung Reduktion der Biomasse von *B. orientalis* um ca. 70 % durch konkurrenzstarke Frucht (im Versuch: 600 Sommergerstentpflanzen/m² und 20 *B. orientalis* Pflanzen/m²). Bei Ackerflächen Anbau von Winter/Sommergetreide. Langfristige Pflege und Unterdrückung von *B. orientalis* dringend erforderlich.

Integration Eventuelle Änderung der Fruchtfolge auf Ackerflächen, Änderung der Grünlandnutzung in intensive Nutzung. Langjähriges (5 Jahre und mehr) Monitoring der Flächen.

Maßnahme mit Erfolgsaussicht

Chemische Methoden: Einsatz von MCPA-haltigen, selektiv wirkenden Herbiziden

Beschreibung Behandlung der betroffenen Fläche mit 1,5 l/ha des Herbizids Haksar (500 g/l MCPA) in 300 l/ha H₂O im Mai vor der Blüte ist erfolgversprechend. In den Folgejahren muss die Anwendung wiederholt werden, bis der Bestand erloschen ist. Aufgrund der begrenzten (dreijährigen) Laufzeit und der ausgeprägten Bodensamenbank wurde ein vollständiges Erlöschen der Art auf den Projektflächen noch nicht erreicht.

Integration Direkte Integration in die landwirtschaftlichen Produktionsabläufe ist möglich. Abstandsregeln, Zulassungsbestimmungen sind zu beachten, das Erfordernis einer Ausnahmegenehmigung gemäß Pflanzenschutzgesetz ist zu prüfen. Auf naturschutzfachlich wertvollem Grünland und/oder in Schutzgebieten kann der Einsatz von Herbiziden verboten beziehungsweise unverhältnismäßig sein! Flächen müssen in den Folgejahren auf erneute Vorkommen überprüft werden - es ist von einer mehrjährigen (ca. 5 Jahre) Behandlungsdauer auszugehen.

Maßnahme mit Erfolgsaussicht

Chemische Methoden: Einsatz von Herbiziden bei Jungpflanzen (Erstaufkommen)

Beschreibung Herbizidbehandlung bei BBCH 14-16 der Jungpflanzen, die im aktuellen Jahr aus Samen aufgelaufen sind bei einer Wasseraufwandmenge von 300 l/ha mit 5 l/ha Clinic (360 g/l Glyphosat), 200 g/ha Katana (250 g/kg Flazasulfuron), 2 l/ha U 46 D Fluid (500 g/l 2,4-D), 70 g/ha Biathlon 4D (714 g/kg Tritosulfuron und 54 g/kg Florasulam), 2 l/ha Loreda (33,3 g/ha Diflufenican und 500 g/ha Mecoprop-P). Wirkungsgrad ca. 100%.

Integration Direkte Integration in die landwirtschaftlichen Produktionsabläufe ist möglich. Abstandsregeln, Zulassungsbestimmungen sind zu beachten, das Erfordernis einer Ausnahmegenehmigung gemäß Pflanzenschutzgesetz ist zu prüfen. Auf naturschutzfachlich wertvollem Grünland und/oder in Schutzgebieten kann der Einsatz von Herbiziden verboten beziehungsweise unverhältnismäßig sein! Flächen müssen in den Folgejahren auf erneute Vorkommen überprüft werden - es ist von einer mehrjährigen (ca. 5 Jahre) Behandlungsdauer auszugehen.

Maßnahme mit unsicherem Erfolg

Mechanische Methoden: Beweidung

Beschreibung und Einschätzung Beweidung: Rinder, Schafe und insbesondere Esel fressen *B. orientalis*. Als Ergebnisse einer Beweidung sind Verbiss, Wuchsdepression durch Verbiss und Tritt sowie eine verminderte Samenbildung belegt. Inwiefern die Beweidung mittel- und langfristig zur

Zurückdrängung des *B. orientalis* führt, bleibt offen. Zu beachten ist das Risiko einer möglichen Weiterverbreitung von Samen durch die Weidetiere (Anhaftung bzw. Darmpassage) beziehungsweise etwaige kontaminierte Pflorgetechnik. [1,7,8]

Maßnahme mit unsicherem Erfolg
Mechanische Methoden: Häufige Mahd

Beschreibung und Einschätzung Häufige Mahd als Not-oder Zwischenlösung siehe mechanische Bekämpfung (drei oder mehr Mahdgänge, 1. Mahdgang kurz vor der Blüte). Zur Vermeidung einer weiteren Ausbreitung im Einzelfall kurz- bis mittelfristig akzeptabel.

Maßnahme mit unsicherem Erfolg
Thermische Methoden: Häufiges Abflammen auf Ackerland

Beschreibung und Einschätzung Thermische Behandlung mit einem Abflamngerät führt zur Reduzierung der oberirdischen Biomasse. Bei 8 Behandlungen während der Vegetationsperiode konnte eine Reduktion der oberirdischen Biomasse von *B. orientalis* um 75 % erreicht werden. Auf kleinen Flächen mit einem Handgerät (AB 80 cm) oder auf Ackerschlägen (größere Fläche/ Bestände) mit einem Anbaugerät (AB 3 m). Die Maßnahme muss über mehrere Jahre durchgeführt werden.

Maßnahme mit unsicherem Erfolg
Integrierte Methoden/Anbauverfahren: Anpflanzung von Gehölzen

Beschreibung und Einschätzung Anpflanzung mit Gehölzen kann zur Verdrängung der Art durch Beschattung/Konkurrenz führen. Hier ist ein erhöhter Aufwand bei der Etablierung der Pflanzung einschließlich der Planung und Umsetzung von begleitenden Maßnahmen zur zeitweisen Zurückdrängung der Art (z. B. durch Mahd) zu berücksichtigen. Ferner muss eine Verschleppung im Zusammenhang mit den Pflanzmaßnahmen ausgeschlossen werden. [2]

Maßnahme mit unsicherem Erfolg
Kombinierte Methoden (chemisch/biologisch): Ausbringung nicht-selektives Herbizid + Thermische Behandlung + Neuansaat

Beschreibung und Einschätzung Ausbringung eines nicht-selektiven Herbizids (z. B. 4 l/ha RoundUp (360 g/l Glyphosat) in 400 l/ha H₂O kombiniert mit einer anschließenden Störung der auflaufenden Keimlinge (mechanisch/thermisch) durch Bodenbearbeitung oder Abflammen im Abstand von ca. 4 Wochen zur Herbizidanwendung. Unmittelbar danach: Aussaat einer standortgerechten, gebietsheimischen Gräser-/Kräutermischung. Ggf. auftretende hohe Ruderalvegetation sollte aufgrund der starken Konkurrenzwirkung gegenüber *B. orientalis* zugelassen werden.

Nicht erfolgreiche Maßnahme
Mechanische Methoden: Überdecken/Vergraben/Bodenabtrag

Beschreibung und Grund der Nichteignung Überdeckung mit Erde/Vergraben/Abschieben des Oberbodens: Die Art durchwächst Erdbedeckung gut, Wurzelteile bleiben erhalten, die Bodensamenbank wird angeregt. Zusätzlich besteht ein hohes Risiko der Verschleppung. [1]

Nicht erfolgreiche Maßnahme
Mechanische Methoden: Mechanische Bodenbearbeitung

Beschreibung und Grund der Nichteignung Pflügen/Grubbern/Fräsen/Umgraben: Wurzelteile bleiben erhalten und bilden neue Pflanzen, die Bodensamenbank wird angeregt. [4, 9]

Nicht erfolgreiche Maßnahme
Mechanische Methoden: Mahd/Mahd + Striegeln

Beschreibung und Grund der Nichteignung Häufige Mahd/Mahd + Striegeln: Schnelle Regeneration der Pflanze (schneller als Konkurrenzvegetation). Die Maßnahme führt bei wenigen Schnitten zur Förderung der Art, bei mehr als 3 Schnitten zur reduzierten bis ausbleibenden Samenbildung, zumindest kurz- und mittelfristig aber nicht zu einer Zurückdrängung der Art. Häufige Mahd als Not-/Zwischenlösung (siehe mechanische Bekämpfung) befristet möglich. [1, 2, 4, 10]

Nicht erfolgreiche Maßnahme

Thermische Methoden: Abflammen/oberflächliches Erhitzen (in geringer Häufigkeit)

Beschreibung und Grund der Nichteignung Thermische Bekämpfung der Pflanzen in geringer Häufigkeit wird als nicht erfolgversprechend beschrieben, da aktive Regenerationsknospen erhalten bleiben. Durch die Vernichtung von Begleitvegetation und das Anregen der Bodensamenbank erfolgt ein verstärktes Auflaufen der Art. [1] Für eine weiterführende Einschätzung stehen Untersuchungen aus.

Nicht erfolgreiche Maßnahme

Chemische Methoden: Herbizideinsatz folgender Wirkstoffe/Wirkstoffkombinationen:

Beschreibung und Grund der Nichteignung Herbizide mit ungenügender Wirkung bei BBCH 14-16 und folgender Aufwandmenge: 45 g/ha Harmony SX (480,6 g/kg Thifensulfuron), 2 l/ha U 46 D Fluid (500 g/l 2,4 D), 2 l/ha Simplex (100 g/l Fluroxypyr und 30 g/l Aminopyralid), 2 l/ha Garlon (150 g/l Triclopyr und 150 g/l Fluroxypyr) bei einer Wasseraufwandmenge von 300 l/ha. In Abhängigkeit von der Indikation bzw. Kulturpflanze und des Einsatzgebietes ist ggf. eine Ausnahmegenehmigung gemäß Pflanzenschutzgesetz erforderlich bzw. kann eine Anwendung untersagt sein.

Nicht erfolgreiche Maßnahme

Chemische Methoden: Ausbringung nicht-selektives Herbizid

Beschreibung und Grund der Nichteignung Der Einsatz von nicht-selektiv wirkenden Herbiziden (ohne weitere Maßnahmen) ist aufgrund des massiven, anhaltenden Keimens von Samen aus der Bodensamenbank nicht erfolgversprechend. Ferner wird die gesamte Begleitvegetation zerstört. *B. orientalis* besiedelt äußerst effizient die entstandenen Störstellen. [1]

Ansprechpartner/Kontakte/Weitere Informationen

JKI, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Dr. Arnd Verschwele 0531-2994501
Landschaftspflegeverband "Grüne Umwelt" e. V., Matthias Haase 039205-23770

Quellen/ Rechtliches

- [1] REIFENRATH, R., 2013: Bekämpfung des Orientalischen Zackenschötchens (*Bunias orientalis*). Gemeinnützige Fortbildungsgesellschaft für Wasserwirtschaft und Landschaftsentwicklung (GfG) mbH. 11 S. Zugriff: 1. April 2021, URL: http://www.gfg-fortbildung.de/web/images/stories/gfg_pdfs_ver/R_P/Pfrimm/2013/13_pfrimm_Bunias-Bekaempfung.pdf
- [2] BIRNBAUM, Ch., 2006: NOBANIS-Invasive Alien Species Fact Sheet-Bunias orientalis. From: Online Database of the European Network on Invasive Alien Species NOBANIS, www.nobanis.org. Zugriff: 2. September 2021, URL: http://www.nobanis.org/files/factsheets/Bunias_orientalis.pdf
- [3] SCHNEIDER, K., 2013: *Bunias orientalis* in Sachsen-Anhalt. Workshop Möglichkeiten des Managements von *Bunias orientalis* in Sachsen-Anhalt 6.02.2013. Zugriff: 1. Juli 2021, URL: http://85.214.43.90/korina2.info/sites/default/files/Schneider%202013%20Vortrag%2006.02.2013%20Bunias%20erg%C3%A4nzt%20KORINA_0.pdf.
- [4] SEIBT, G., 2013: Der Einfluss des Menschen auf die Bestandsentwicklung von *Bunias orientalis*. Workshop Möglichkeiten des Managements von *Bunias orientalis* in Sachsen-Anhalt 6.02.2013, Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt. Zugriff: 1. Juli 2021, URL: http://85.214.43.90/korina2.info/sites/default/files/Seibt_2013_Der_Einfluss_des_Menschen_x.pdf.
- [5] WOITKE, M., 2001: Artenkombination, Etablierungsstadium und anthropogenes Störungsregime als Einflussfaktoren auf die Bestandsentwicklung der invasiven Brassicaceae *Bunias orientalis* L. und *Rorippa austriaca* (Crantz) Besser in experimenteller Vegetation. Doktorarbeit. Universität Würzburg, 97.
- [6] JEHLÍK V, B. SLAVÍK, 1968: Beitrag zum Erkennen des Verbreitungscharakters der Art *Bunias orientalis* L. in der Tschechoslowakei. *Preslia* **40**, 274-293.

- [7] DULLAU, S., T. HARNACK, 2014: *Bunias orientalis* L. – ein Neophyt auf Wirtschaftsgrünland am Beispiel der Ganzjahresstandweide am Sperlingsberg bei Hainrode (Südharz). *Mitteilungen zur floristischen Kartierung Sachsen-Anhalt* (Halle) **19**, 25-35.
- [8] HARNACK, T., 2014: Ganzjahresstandweide im Biosphärenreservat Karstlandschaft Südharz - Naturschutzfachliche Erfolgskontrolle nach 2 Jahren. Masterarbeit, Hochschule Anhalt, Fachbereich für Landwirtschaft, Ökotoxikologie & Landschaftsentwicklung, 94 S.
- [9] OLIVER, B. W., L. O. BRANDSÆTER, E. GOVASMAR, I. S. FLØISTAD, 2015: Sprouting dynamics of *Bunias orientalis*. *Journal of Plant Diseases and Protection* **122** (3), 141-149.
- [10] SEIBT, G., 2014: Der Beginn der Keimfähigkeit von *Bunias orientalis* Samen als Kriterium für eine zeitgerechte Mahd zur Ausbreitungsverhinderung. Zugriff: 1. Juli 2021, URL: <https://www.korina.info/wp-content/uploads/2018/05/Seibt-2017-Beginn-der-Keimf%C3%A4higkeit-von-Bunias-orientalis.pdf>.
- [11] DIETZ, H., T. STEINLEIN, I. ULLMANN, 1999: Establishment of the invasive perennial herb *Bunias orientalis* L.: An experimental approach. *Acta Oecologica* **20** (6), 621-632.
- [12] NEHRING, S., I. KOWARIK, B. SEITZ, F. ESSL, 2013: Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. BfN-Skripten 352, 168-169.
-