

NATUR UND LANDSCHAFT

Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege

95. Jahrgang 2020

Heft

Seiten

DOI:

© 2020 W. Kohlhammer, Stuttgart

Verlag W. Kohlhammer

Kohlhammer

Spontanvorkommen der Silphie im Bayreuther Raum: birgt diese neue Bioenergiepflanze ein Invasionspotenzial?

Spontaneous occurrences of the cup plant in the Bayreuth region:
Does this new bioenergy crop have invasive potential?

L. Marie Ende und Marianne Lauerer

Zusammenfassung

Die aus dem östlichen Nordamerika stammende Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*) wird in Deutschland zunehmend anstelle von Mais (*Zea mays*) als neue Bioenergiepflanze mit vielen ökologischen Vorteilen angebaut. Aufgrund ihrer Wüchsigkeit und ihres hohen Reproduktionsvermögens könnte sie jedoch ein Invasionspotenzial aufweisen. In der vorliegenden Studie wurden Spontanvorkommen der Silphie in der Umgebung bestehender Anbauflächen im Bayreuther Raum kartiert. Bei 13 der 15 untersuchten Anbauflächen wurden im 20-m-Umkreis insgesamt fast 3 500 spontan auftretende Silphie-Pflanzen dokumentiert. Die Nahausbreitungsdistanz betrug im Mittel 6 m (Median). Einzelne Individuen wurden aber auch in bis zu 700 m Entfernung zur nächsten Anbaufläche kartiert. Am häufigsten wurden Offenlandbiotop, aber auch Wälder und Gehölzstrukturen sowie Schotter- und Pflasterwege besiedelt. 62 Individuen (2 %) hatten bereits einen oder mehrere Stängel und zum Teil Blüten gebildet. Ein Invasionspotenzial der Silphie kann somit bislang nicht ausgeschlossen werden.

Silphium perfoliatum – Invasionspotenzial – Spontanvorkommen – Ausbreitung – Biogas­pflanze – Gebietsfremde Art

Abstract

The cup plant (*Silphium perfoliatum*), native to eastern North America, is increasingly cultivated in Germany instead of maize (*Zea mays*) as a new bioenergy crop with many ecological advantages. However, due to its growth vigour and high reproductive potential, it could have invasive potential. In the present study, surroundings of fields under this crop in the Bayreuth region were screened systematically for spontaneous occurrences of the cup plant. At 13 of the 15 fields surveyed, a total of almost 3,500 spontaneously occurring cup plants were found within a 20 m radius. Short-range dispersal was 6 m on average (median). Some individuals were also mapped up to 700 m away from the nearest field. Open sites were colonised particularly, but also forests and woody structures as well as gravel and paved roads. 62 individuals (2 %) had already developed at least one stem and partly flowers. It follows that an invasive potential of the cup plant cannot be excluded so far.

Silphium perfoliatum – Invasive potential – Spontaneous occurrence – Dispersal – Bioenergy crop – Alien species

Manuskript­einreichung: 25.6.2019, Annahme: 17.4.2020

DOI: 10.17433/7.2020.50153819.310-315

1 Einleitung

Die Energiegewinnung aus Biomasse spielt in Deutschland eine immer größere Rolle. Dabei ist Mais (*Zea mays* L.) als Biogas­pflanze aufgrund seines hohen Methanertrags derzeit maßgebend (FNR 2019). Da der Maisanbau jedoch mit einem hohen Einsatz an Maschinen, Düngemitteln sowie Pflanzenschutzmitteln und mit teils irreversiblen Belastungen der Bodenstruktur und des Wasserhaushalts einhergeht, gibt es Bestrebungen, alternative Biogas­pflanzen zu finden (Frölich et al. 2016).

Die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) – auch bekannt als Becherpflanze – ist eine der viel versprechenden neuen Bioenergiepflanzen (Biertümpfel, Conrad 2013). Sie ist ein ausdauernder, gelb blühender Hemikryptophyt aus der Familie der Asteraceae (Jäger 2017). Aus den Prärien des östlichen Nordamerikas stammend wurde die Silphie im 18. Jahrhundert als Gartenpflanze nach Europa eingeführt (Stanford 1990). Seit 2004 wird ihre Eignung als Biogas­pflanze von der Thüringischen Landesanstalt für Landwirtschaft untersucht (Frölich et al. 2016). Mittlerweile wird sie in Deutschland auf mehr als 3 000 ha angebaut (Eidenschink 2020). Zudem wurde die Silphie in Deutschland 2018 in das Greening-Agrarprogramm aufgenommen, bei dem Landwirtinnen und Landwirte Direktzahlungen erhalten, wenn sie 5 % ihrer Flächen als ökologische Vorrangflächen bereitstellen. Als solche Vorrangflächen sind nun auch Silphie-Anbauflächen zugelassen, wodurch ihr Anbau weitere Anreize für Landwirtinnen und Landwirte bietet (BMEL 2015, 2018).

Die bisherigen landwirtschaftlichen Studien zeigen, dass Silphie-Anbauflächen mehr als 15 Jahre lang ohne Ertragseinbußen beerntet werden können (Hartmann, Lunenberg 2016). Die Silphie hat gegenüber Mais einige ökologische Vorteile (Frölich et al. 2016). Sie besitzt jedoch auch ein hohes Reproduktionspotenzial (Stanford 1990; Dauber et al. 2016), das ein Invasionsrisiko bergen könnte. Auch ihre für Biogas­pflanzen durchaus erwünschten Eigenschaften – wie schnelles Wachstum, langzeitige Bodenbedeckung, geringe Anfälligkeit gegenüber Schädlingen und Krankheiten (Conrad, Biertümpfel 2010; Frölich et al. 2016) – sprechen für ein mögliches Invasionspotenzial, da dies Eigenschaften sind, die häufig auf invasive Arten zutreffen (Raghu et al. 2006).

Spontanvorkommen der Silphie sind bereits in mehreren europäischen Ländern nachgewiesen (Roskov et al. 2019). In den Niederlanden und in Russland wird sie als potenziell invasiv eingestuft (Matthews et al. 2015; Vinogradova et al. 2015). In Deutschland ist die Silphie bereits in sieben Bundesländern nachgewiesen, v.a. in Mitteldeutschland (BfN 2013). Angaben zu Ausbreitungsmustern in Bezug zu den Anbauflächen fehlen jedoch vollkommen. Auch finden sich nur selten Hinweise zur Größe der Spontanvorkommen oder zum besiedelten Lebensraum.

Hier setzt die vorliegende Studie an, in der erstmals Spontanvorkommen der Silphie in der Umgebung ihrer Anbauflächen systematisch kartiert und ausgewertet wurden. Damit sollten folgende Fragestellungen geklärt werden:

- Breitet sich die Silphie in der Umgebung ihrer Anbauflächen spontan aus?
- In welchen Distanzen zu den Anbauflächen ist sie nachzuweisen?
- Welche Lebensräume besiedelt die Silphie spontan?
- Finden sich unter den kartierten Spontanvorkommen auch reproduktionsfähige Individuen?

2 Methodik

2.1 Datenerhebung

Im Sommer 2017 wurde die Umgebung von 15 Anbauflächen untersucht, die zwischen 2009 und 2015 mit Silphie angesät oder bepflanzt wurden. Die Anbauflächen liegen im Stadtgebiet von Bayreuth (Bayern/Oberfranken) und dessen Umgebung, in Oberfranken sowie in der nördlichen Oberpfalz (Tab. 1). Zunächst wurden die Biotop-typen im 20-m-Umkreis der Anbauflächen nach der Bayerischen Kompensationsverordnung (LfU 2014) kartiert. Diese Entfernung wurde gewählt, um die größte publizierte Ausbreitungsdistanz der Silphie von 10 m abzudecken (Stolzenburg et al. 2016). Im nächsten Schritt wurden die Spontanvorkommen der Silphie in allen zugänglichen und potenziell besiedelbaren Biotopen kartiert. Als potenziell besiedelbar wurden alle Biotope eingestuft, auf denen eine generative Fortpflanzung der erst ab dem zweiten Jahr blühenden Silphie (Stanford 1990) nicht durch intensive Pflege oder Bewirtschaftung verhindert wird. Ausgeschlossen wurden demnach vollständig versiegelte Flächen, Intensivgrünland sowie Äcker mit einjährigen Kulturen.

Insgesamt wurde eine Fläche von 5,4 ha auf Spontanvorkommen der Silphie abgesucht, indem diese lückenlos und systematisch begangen wurde. Kartierte Silphie-Pflanzen wurden pro Biotop bis zu einer Anzahl von 50 Individuen gezählt, bei mehr als 50 Individuen wurde die Anzahl in 10er-Schritten geschätzt. Pro Anbaufläche wurde im 20-m-Umkreis die maximale Ausbreitungsdistanz erfasst, indem von der am weitesten entfernten spontan auftretenden Silphie-Pflanze der Abstand zum Rand der Anbaufläche auf 50 cm genau mit einem Maßband gemessen wurde. Silphie-Pflanzen, die Stängel ausgebildet hatten und mindestens 0,5 m von der Anbaufläche entfernt waren, wurden

gezählt und ihr Entwicklungsstadium (drei Kategorien: „verbissen“, „Reproduktionsorgane vorhanden“, „vegetativ“) sowie die Anzahl der Stängel wurden dokumentiert. Neben diesen systematischen Datenerhebungen wurden Silphie-Pflanzen, die auf dem Weg zu den Anbauflächen zufällig entdeckt wurden und außerhalb des kartierten 20-m-Umkreises lagen, ebenfalls notiert. Deren Fundpunkte wurden kartographisch erfasst, diese Pflanzen wurden jedoch nicht in die statistische Auswertung einbezogen.

2.2 Datenauswertung

Die aufgenommenen Daten wurden in das Programm ArcGIS 10® (Version 10.2.2) eingegeben. Die Abstände aller Biotope zur Anbaufläche wurden ermittelt, indem die kürzeste Distanz zwischen Biotoprand und Anbaufläche in ArcGIS® auf 1 m genau gemessen wurde. Die Größe der Biotope wurde ArcGIS® entnommen. Die statistische Auswertung und Diagrammdarstellung erfolgte mit RStudio® (Version 1.0.143). Es wurden lineare Modelle (LM) oder im Falle der binären Präsenz/Absenzdaten generalisierte lineare Modelle (GLM) mit binomial verteilten Residuen (logistische Regression) gerechnet. Als Post-hoc-Test wurde der Multiple-Comparison-Test nach Kruskal-Wallis (KruskalMC) angewendet. Definitionen zu angegebenen statistischen Messgrößen (z. B. Freiheitsgrade, F-Wert) können in Sachs (2004) nachgelesen werden. Als Signifikanzniveau wurde stets $p < 0,05$ angenommen.

3 Ergebnisse

3.1 Lage und Größe der Spontanvorkommen

Bei 13 der 15 untersuchten Anbauflächen wurden im 20-m-Umkreis spontan auftretende Silphie-Pflanzen nachgewiesen (Tab. 1). Insgesamt wurden fast 3 500 Individuen dokumentiert, wobei pro Umkreis zwischen 0 und 1 380 Individuen spontan vorkamen. Im Mittel über die gesamte kartierte Fläche lag die Besiedlungsdichte der Spontanvorkommen bei $0,1 \pm 0,3$ Silphie-Pflanzen pro m^2 .

Tab. 1: Charakterisierung der Silphie-Anbauflächen und der Silphie-Spontanvorkommen im 20-m-Umkreis der Anbauflächen. Die Namen der Anbauflächen wurden nach den nächstgelegenen Ortschaften oder nach allgemein bekannten Lokalitäten vergeben. Die Besiedlungsdichte wurde aus der Gesamtzahl der kartierten Silphie-Pflanzen pro kartierter Fläche berechnet.

Table 1: Characterisation of cup plant fields and spontaneous occurrences of the species within 20 m radius around cultivated fields. The names of the cultivated fields were given according to the nearest settlement or well-known localities. Population density was calculated from the total number of documented cup plants per area mapped.

Name der Anbaufläche	GPS-Koordinaten (WGS 84)	Größe der Anbaufläche (ha)	Gesamtzahl spontan angesiedelter Silphie-Pflanzen	Anzahl spontan angesiedelter Silphie-Pflanzen mit Stängel	Kartierte Fläche (ha)	Besiedlungsdichte (Anzahl Individuen pro m^2)
Geigenreuth	N 49.93005 E 11.53021	0,01	310	22	0,06	0,5
Bayreuth Wilhelminenaue	N 49.94669 E 11.60521	0,14	130	0	0,51	<0,1
Bayreuth Tierheim	N 49.92701 E 11.55649	0,22	250	0	0,20	0,1
Hessenreuth	N 49.80706 E 11.96866	0,27	590	0	0,68	0,1
Seybothenreuth	N 49.88533 E 11.71411	0,30	0	0	0,01	0,0
Obernsees Therme	N 49.91572 E 11.37969	0,35	0	0	0,38	0,0
Unterkonnereuth	N 49.98445 E 11.53163	0,38	35	0	0,50	<0,1
Speichersdorf	N 49.87447 E 11.78359	0,43	1 380	0	0,10	1,4
Hollfeld	N 49.94477 E 11.28716	0,46	130	3	0,23	0,1
Obernsees Hochebene	N 49.92259 E 11.39022	0,48	8	1	0,39	<0,1
Bayreuth Bezirkslehrgut	N 49.92924 E 11.55298	0,48	49	0	0,40	<0,1
Ebermannstadt	N 49.79552 E 11.15865	0,57	440	11	0,66	0,1
Plech	N 49.65877 E 11.48199	0,89	27	1	0,72	<0,1
Gottersdorf	N 50.20866 E 11.76717	0,98	120	21	0,42	<0,1
Bayreuth Saaser Berg	N 49.91602 E 11.55255	1,06	13	3	0,19	<0,1
		$\mu = 0,47$	$\Sigma = 3 473$	$\Sigma = 62$	$\Sigma = 5,45$	$\mu = 0,2$

μ = Mittelwert, Σ = Summe pro Parameter
Die jeweiligen Maxima eines Parameters sind durch einen Rahmen hervorgehoben.

Tab. 2: Einflüsse des Biotoptyps, des Abstands zum Rand der Anbaufläche und der Biotopgröße auf die Besiedlungsdichte (Individuen pro m² Fläche eines Biotops) spontan vorkommender Silphie-Pflanzen. Es wurde ein lineares Modell gerechnet, bei dem die Besiedlungsdichte der Silphie pro Biotop – logarithmisch transformiert – als abhängige Variable eingesetzt wurde. Als unabhängige Variablen wurden die Biotopgröße, die Distanz (Abstand zwischen Biotoprand und Rand der Anbaufläche) und der Biotoptyp in der 1. Ordnungsebene (fünf Biotoptypen, siehe Abb. 3) sowie deren Interaktionen eingesetzt (angepasstes R² = 0,41; n = 152).

Table 2: Effects of biotope type, distance to cup plant field margin, and biotope size on population density (individuals per m² of biotope area) of spontaneously occurring cup plants. A linear model was calculated with population density of cup plant per biotope – transformed logarithmically – as dependent variable. Biotope size, distance (shortest distance between biotope margin and cup plant field margin) and biotope type in the 1st level (five biotope types, see Fig. 3), as well as their interactions were used as independent variables (adjusted R² = 0.41, n = 152).

Unabhängige Variable	Anzahl der Freiheitsgrade	F-Wert	p-Wert
Biotoptyp	4	5,5	< 0,001*
Distanz	1	57,6	< 0,001*
Biotopgröße	1	1,9	0,166
Biotoptyp • Distanz	3	3,7	0,014*
Biotoptyp • Biotopgröße	3	2,2	0,089
Distanz • Biotopgröße	1	17,9	< 0,001*
Gesamtmodell	13	9,0	< 0,001*

* Signifikante Effekte

3.2 Ausbreitungsdistanz

Innerhalb der 20-m-Umgebung um die Anbauflächen lag die maximale Ausbreitungsdistanz der spontan vorkommenden Silphie-Pflanzen zwischen 0,5 m und 14,5 m und hatte einen Median von 6 m. Mit zunehmender Distanz zur Anbaufläche nahmen sowohl die Besiedlungsdichte eines Biotops signifikant ab ($p < 0,001$; LM; Tab. 2) als auch die Wahrscheinlichkeit einer Spontanbesiedlung (Abb. 1). Bei direkt an die Anbaufläche angrenzenden geeigneten Biotopen lag die Wahrscheinlichkeit einer Spontanbesiedlung durch die Silphie bei etwa 70 %, bei einem Abstand von 0,5 m (Distanz Biotoprand zur Anbaufläche) bei weniger als 50 % und bei mehr als 4,5 m Abstand (ein Beispiel zeigt Abb. 2a) war die Wahrscheinlichkeit einer Spontanbesiedlung kleiner als 10 %.

Entlang der Straße zur Anbaufläche bei Plech wurden bis zu einer Entfernung von 700 m zufällig mehr als 20 Silphie-Pflanzen direkt am Straßenrand gefunden. Eines dieser Individuen hatte bereits einen Stängel und Blütenköpfchen ausgebildet (Abb. 2b).

3.3 Besiedelte Biotoptypen



Die Silphie wurde in verschiedenen Lebensräumen spontan nachgewiesen (Abb. 3, Abb. 4, S. 314; Tab. A im Online-Zusatzmaterial unter https://online.natur-und-landschaft.de/zusatz/7_2020_A_Ende). Am häufigsten wurden Offenlandbiotope besiedelt (39%), v. a. Gras- und Krautfluren, aber auch Acker- und Grünlandbrachen (Abb. 3). Im Siedlungsbereich traten die Spontanvorkommen vorwiegend auf Schotter- und Pflasterwegen sowie in Straßenbegleitgrün auf. Weitere Spontanvorkommen gab es in Wäldern und Gehölzstrukturen. Gewässer (Fließgewässer und deren Uferbereich) sowie vegetationsfreie Standorte (Bauflächen) wurden nicht besiedelt.

Die Besiedlungsdichte eines Biotops hing signifikant vom Biotoptyp ab ($p < 0,001$; LM; Tab. 2). Allerdings war auch die Interaktion zwischen Biotoptyp und Distanz zur Anbaufläche signifikant ($p = 0,014$; LM; Tab. 2), woraus geschlossen werden kann, dass bestimmte

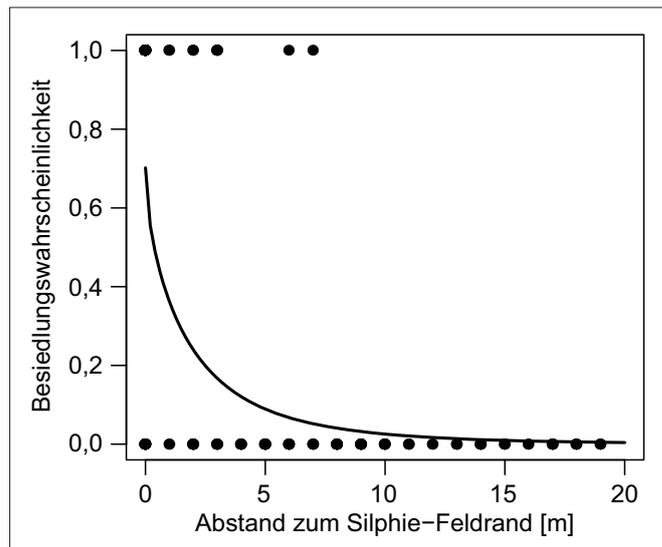


Abb. 1: Modell zur Spontanbesiedlung durch die Silphie in Abhängigkeit vom Abstand zum Rand der Anbaufläche. Die Punkte stellen die Präsenz ($y = 1,0$) bzw. Abwesenheit der Silphie ($y = 0,0$) in einem Biotop dar. Die Linie gibt die durch das Modell berechneten Wahrscheinlichkeiten einer Spontanbesiedlung an und wurde über eine logistische Regression mit wurzeltransformiertem Abstand zum Rand der Anbaufläche kalkuliert ($p < 0,001$, $n = 152$).

Fig. 1: Model for spontaneous colonisation by cup plant depending on distance to cup plant field margin. The points represent presence ($y = 1.0$) or absence of cup plant ($y = 0.0$) in a biotope. The line shows the probability of spontaneous colonisation calculated by the model. Logistic regression with root-transformed distance to cup plant field margin ($p < 0.001$, $n = 152$).

Biotoptypen häufiger in der Nähe der Anbauflächen anzutreffen waren und deshalb möglicherweise auch dichter besiedelt wurden als andere Biotoptypen, die meist weiter entfernt waren. Tatsächlich lagen Offenlandbiotope signifikant näher an den Anbauflächen als Wälder und Gehölzstrukturen (KruskalMC, $p < 0,05$) und hatten auch eine signifikant höhere Besiedlungsdichte (KruskalMC, $p < 0,05$). Signifikante Unterschiede in der Besiedlungsdichte zwischen den Biotoptypen konnten jedoch in keiner weiteren der vier Ordnungsebenen nachgewiesen werden (KruskalMC, $p > 0,05$).

Im 20-m-Umkreis um die Anbauflächen befanden sich weder Schutzgebiete wie Fauna-Flora-Habitat (FFH)-Gebiete, Nationalparke, Naturschutzgebiete noch geschützte Biotope nach § 30 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG). Biotoptypen, die im 20-m-Umkreis der Anbauflächen lagen und nach subjektiver Einschätzung artenreich oder selten waren (ein Großseggenried, Extensivgrünländer und Kiefernwälder), wurden nicht von der Silphie besiedelt.

3.4 Reproduktionsvermögen der Spontanvorkommen

In der Umgebung von 7 der 15 untersuchten Anbauflächen wurden spontan wachsende Silphie-Pflanzen nachgewiesen, die bereits Stängel ausgebildet hatten (Abb. 2; Tab. 1, S. 311; Tab. B im Online-Zusatzmaterial unter https://online.natur-und-landschaft.de/zusatz/7_2020_A_Ende). Insgesamt waren es 62 Individuen, was etwa 2 % der kartierten Silphie-Pflanzen entsprach. Die meisten dieser Pflanzen hatten nur einen Stängel (Median), eine Pflanze hatte sieben Stängel (Maximum). 27 der stängeltragenden Individuen hatten zum Zeitpunkt der Kartierung (von 7.8.2017 bis 4.9.2017) noch keine Reproduktionsorgane ausgebildet, bei sechs weiteren Pflanzen war der Stängel apikal verbissen, d. h. eine Reproduktion war im Jahr der Kartierung nicht mehr zu erwarten. 29 Individuen (47 % der Stängel tragenden Silphie-Pflanzen) hatten Blütenknospen oder geöffnete Blüten und waren demnach potenziell reproduktionsfähig.

4 Diskussion

Die vorliegende Studie weist erstmals nach, dass im Nahbereich von Anbauflächen eine starke Spontanansiedlung der Silphie stattfindet. Pro Anbaufläche konnten bis zu 1380 Individuen in der nahen Umgebung (wenige Meter) nachgewiesen werden. Die festgestellte geringe Distanz in der Nahausbreitung von im Mittel 6 m entspricht Ergebnissen aus Baden-Württemberg, wo die Silphie bis zu einem Abstand von ca. 10 m zur Silphie-Anbaufläche kartiert wurde (Stolzenburg et al. 2016). Allerdings wurden in der vorliegenden Studie einzelne Individuen auch entlang einer Straße bis zu 700 m entfernt von der nächsten Anbaufläche entdeckt. Diese wurden, wie auch ganz allgemein schon von Stolzenburg, Monkos (2012) vermutet, wahrscheinlich über Erntemaschinen oder Transportfahrzeuge ausgebreitet.

Welche Vektoren die Silphie zur Diasporenausbreitung tatsächlich nutzt, ist bislang noch nicht ganz klar. Nach Jäger (2017) findet nur eine Stoß- bzw. Schüttelausbreitung der Früchte statt. Aigner et al. (2012) schließen aufgrund der Fruchtmorphologie



Abb. 2: Beispiele für spontan auftretende blühende Silphie-Pflanzen. a) In einer Brache auf der Hochebene bei Obersees 6 m vom Rand der Anbaufläche entfernt am 31.8.2017; im Hintergrund ist die Anbaufläche zu sehen. b) Am Straßenrand ca. 200 m vom Rand der nächstgelegenen Anbaufläche bei Plech entfernt am 11.9.2017. (Fotos: L. Marie Ende)

Fig. 2: Examples of spontaneously occurring flowering cup plants. a) In a fallow area near Obersees at 6 m distance from cup plant field margin on 31 August 2017; the cup plant field can be seen in the background. b) At a roadside near Plech about 200 m from the margin of the nearest cup plant field on 11 September 2017.

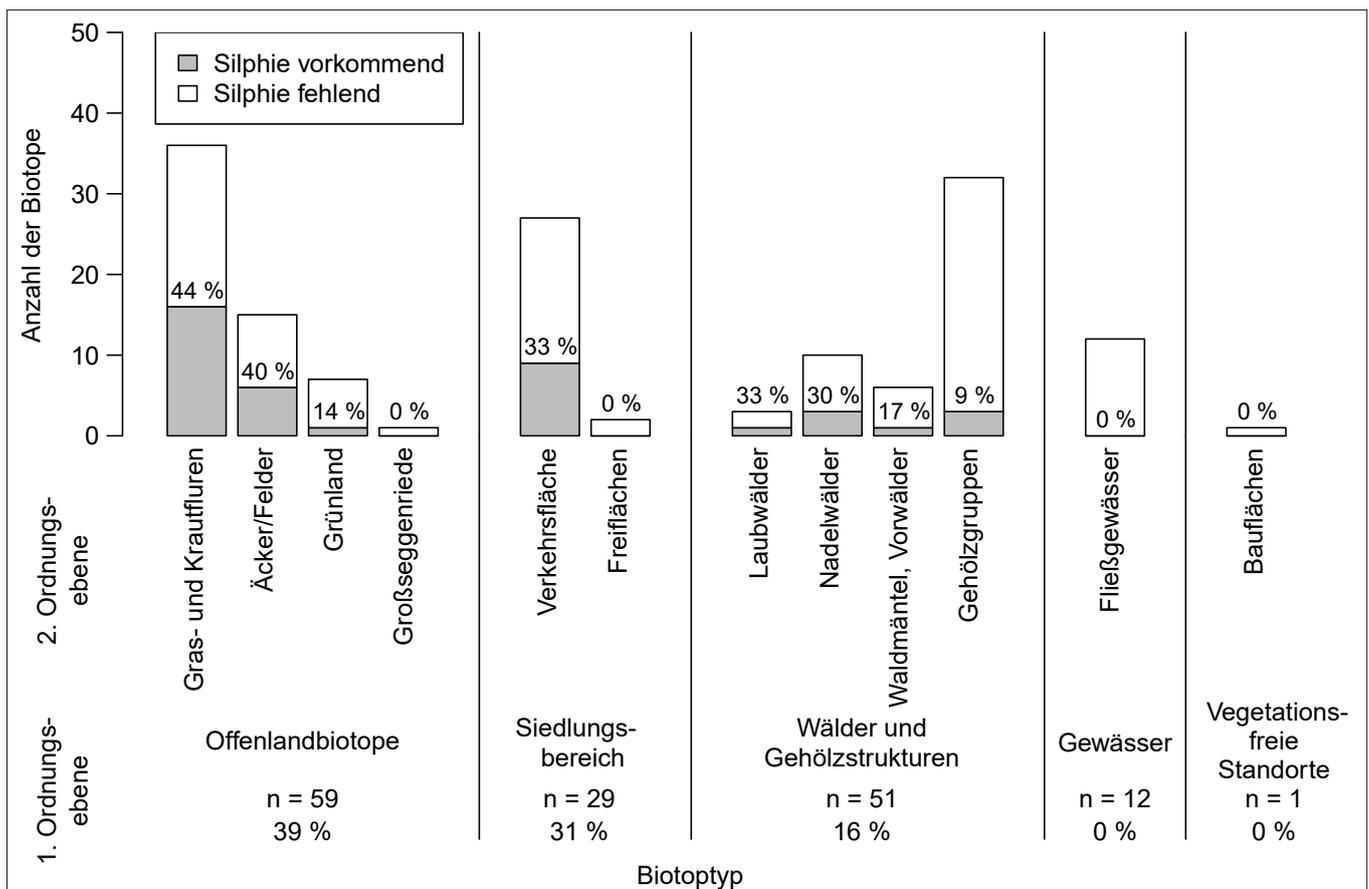


Abb. 3: Anzahl der Biotopetypen mit und ohne Spontanbesiedlung durch die Silphie im 20-m-Umkreis der Anbauflächen. Einige Biotopetypen wurden abgekürzt angegeben (vollständige Bezeichnungen siehe Tab. A im Online-Zusatzmaterial unter https://online.natur-und-landschaft.de/zusatz/7_2020_A_Ende). Der Anteil der durch die Silphie besiedelten Biotopetypen ist für beide Ordnungsebenen in % angegeben (n = 152).

Fig. 3: Number of biotopes with and without spontaneous cup plant colonisation within 20 m around fields. Names of some biotope types are abbreviated (for full names see Table A in the online additional material at https://online.natur-und-landschaft.de/zusatz/7_2020_A_Ende). The proportion of biotopes colonised by the cup plant is given for both levels of classification in % (n = 152).

eine Ausbreitung über Wind oder Tiere aus, während Stolzenburg, Monkos (2012) diese durchaus für möglich halten. Die Ausbreitung der Silphie erfolgt hauptsächlich mit Hilfe der generativ gebildeten Früchte, aber auch vegetativ gebildete Rhizomstücke können als Diasporen fungieren (Stanford 1990; Czarpata 2005). Es ist bislang unklar, ob Früchte oder Rhizome über Fließgewässer ausgebreitet werden können. Im Kontext einer möglichen Invasivität der Silphie sind Studien zu den Ausbreitungsvektoren dringend erforderlich, um potenzielle Ausbreitungsdistanzen und die Ausbreitungswahrscheinlichkeit abschätzen zu können. Auch sollten gezielt Kartierungen entlang der Wege zu den Anbauflächen erfolgen, um eine Diasporenausbreitung durch landwirtschaftliche Maschinen zu quantifizieren.

In ihrer Heimat in Nordamerika kommt die Silphie natürlicherweise vor allem in Prärien mit feuchten und sandigen Böden, aber auch in lichten Auwäldern und an offenen Stellen entlang von Flüssen vor (Stanford 1990). In Deutschland besiedelt sie eine größere Vielfalt an Lebensräumen. In der vorliegenden Studie wurde die Silphie sowohl an anthropogenen offenen Standorten als auch in Wäldern und Gehölzstrukturen nachgewiesen. Dies deckt sich mit Angaben aus der Literatur, in der Spontanvorkommen in Deutschland an Brachestandorten (Brennenstuhl 2010), an Straßenrändern (Reuther, Fickel 2002) und in Gebüschsäumen (Reuther, Tillich 1996) dokumentiert wurden. Außerdem wurde die Silphie bereits in Staudenfluren an Flussufern (Jäger 2017) und in Auwäldern (Parolly, Rohwer 2016) nachgewiesen.

Generell sollten bei der Kartierung von Spontanvorkommen nicht nur naturschutzfachlich wertvolle Lebensräume besonders beachtet werden, sondern auch jene Biotope, in denen eine Reproduktion der Silphie möglich ist. Dies sind Flächen, die nicht oder nur selten gemäht werden wie Forste, Baumreihen und Brachen. Denn hier könnten sich Silphie-Pflanzen etablieren, blühen und fruchten und so als Keimzelle für eine weitere Ausbreitung dienen. Darunter könnten auch intensiv genutzte Flächen (Intensivgrünland, Äcker) fallen, auch wenn sie in der vorliegenden Studie nicht kartiert wurden, da aktuell mit keiner Reproduktion gerechnet werden konnte. Aber auch auf solchen Flächen könnten sich nach künftigen Brachfallen reproduktionsfähige Silphie-Pflanzen entwickeln.

Die Spontanausbreitung der Silphie in Deutschland ist vermutlich noch nicht abgeschlossen. Zudem ist zu bedenken, dass die Wahrscheinlichkeit einer starken Ausbreitung einer neuen gebietsfremden Art sowohl mit der Dauer ihrer Anwesenheit in einem neuen Gebiet als auch mit der zunehmenden Anzahl an Populationen steigt (Kowarik 2003; Wilson et al. 2007). Somit könnte jede weitere hinzukommende Anbaufläche die Ausbreitung und Etablierung der Silphie begünstigen.

5 Ausblick

Nach jetzigem Wissensstand kann die Durchwachsene Silphie aus Sicht des Naturschutzes nicht als invasiv eingestuft werden, da Invasivität nach naturschutzfachlicher Definition mit negativen Auswirkungen auf die Biodiversität und die damit verbundenen Ökosystemleistungen in der neuen Heimat einhergeht (Artikel 3 Nr.2 EU-Verordnung Nr.1 143/2014). Derartige Auswirkungen sind für die Silphie noch nicht nachgewiesen. Weitere Studien sind dringend erforderlich, um genauere Kenntnis der Ausbreitungsmechanismen, Standortansprüche und Konkurrenzstärke der Silphie zu



Abb. 4: Beispiele für Spontanvorkommen der Silphie in verschiedenen Lebensräumen. a) Dichter Bestand von Silphie-Jungpflanzen im Randstreifen neben einem Acker und in der Fuge zum Asphalt in Speichersdorf am 18.8.2017; im Hintergrund sind die Silphie-Pflanzen der Anbaufläche zu sehen. b) Einzelne Jungpflanze in einem Fichtenforst 14,5 m vom Rand der Anbaufläche bei Gottersdorf entfernt am 21.8.2017. (Fotos: L. Marie Ende)

Fig. 4: Examples of spontaneous occurrences of cup plants in different biotopes. a) Dense stock of young plants at a field margin and in a gap to asphalt in Speichersdorf on 18 August 2017; the cup plant field can be seen in the background. b) Single, young plant in a spruce forest 14.5 m away from the field margin near Gottersdorf on 21 August 2017.

erhalten und eine von ihr ausgehende mögliche Gefährdung oder tatsächliche Schädigung der Biodiversität einschätzen oder nachweisen zu können.

So lange allerdings ein invasives Potenzial der Silphie nicht ausgeschlossen werden kann, sollten genügend große Abstände (mehrere 10 m) der Silphie-Anbauflächen zu naturschutzfachlich wertvollen Lebensräumen und Fließgewässern eingehalten werden. Zudem sollte ein Monitoring über die Ausbreitung und mögliche Spontanansiedlung in der Umgebung der Anbauflächen stattfinden. Nur durch regelmäßige Kartierungen kann eine Besiedlung naturschutzfachlich wertvoller Lebensräume dokumentiert und – sofern angezeigt – eine Bekämpfung der Silphie rechtzeitig eingeleitet werden.

Aus invasionsbiologischer Sicht sollte die Ernte möglichst früh im Jahr erfolgen, um den Anteil keimfähiger Früchte gering zu halten. Erntemaschinen sollten gereinigt und Anhänger während des Transports abgedeckt werden, um eine Fernausbreitung der Früchte zu vermeiden. Mit solchen Vorsichtsmaßnahmen kann die Wahrscheinlichkeit einer weiteren Ausbreitung verringert werden, sodass die Silphie als Bioenergiepflanze mit vielen ökologischen Vorteilen gegenüber Mais durchaus ihren Platz in der deutschen Agrarlandschaft finden kann.

6 Literatur

- Aigner A., Biertümpfel A. et al. (2012): Energiepflanzen für Biogasanlagen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). Gülzow-Prüzen: 116 S.
- BfN/Bundesamt für Naturschutz (2013): Verbreitung der Farn- und Blütenpflanzen in Deutschland; aggregiert im Raster der Topographischen Karte 1 : 25 000. *Silphium perfoliatum*. <http://www.floraweb.de/webkarten/karte.html?taxnr=5635> (aufgerufen am 12.3.2019).
- Biertümpfel A., Conrad M. (2013): Verbundvorhaben: Erhöhung des Leistungspotenzials und der Konkurrenzfähigkeit der Durchwachsenen Silphie als Energiepflanze durch Züchtung und Optimierung des Anbauverfahrens. Teilvorhaben 2: „Optimierung des Anbauverfahrens und Bereitstellung von Selektionsmaterial“. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. Jena: 78 S.

- BMEL/Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.) (2015): Umsetzung der EU-Agrarreform in Deutschland. Ausgabe 2015. BMEL. Bonn: 124 S.
- BMEL/Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.) (2018): Änderungen bei den Direktzahlungen ab dem Antragsjahr 2018. Stand: 29.3.2018. BMEL. Bonn: 14 S.
- Brennenstuhl G. (2010): Beobachtungen zur Einbürgerung von Gartenflüchtlingen im Raum Salzwedel (Altmark). Mitteilungen zur Floristischen Kartierung in Sachsen-Anhalt 15: 121 – 134.
- Conrad M., Biertümpfel A. (2010): Optimierung des Anbauverfahrens für Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*) als Kofermentpflanze in Biogasanlagen sowie Überführung in die landwirtschaftliche Praxis. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. Jena: 49 S.
- Czarapata E.J. (2005): Invasive plants of the Upper Midwest. An illustrated guide to their identification and control. University of Wisconsin Press. Madison, Wisconsin: 215 S.
- Dauber J., Müller A.L. et al. (2016): Schlussbericht zum Vorhaben: Agrarökologische Bewertung der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) als eine Biomassepflanze der Zukunft. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Julius Kühn-Institut. Braunschweig: 126 S.+ Anhang.
- Eidenschink U. (2020): Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.). <http://www.tfz.bayern.de/silphie> (aufgerufen am 7.2.2020).
- FNR/Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (Hrsg.) (2019): Basisdaten Bioenergie Deutschland 2019. FNR. Gülzow-Prüzen: 27 S.
- Frölich W., Brodmann R., Metzler T. (2016): The cup plant (*Silphium perfoliatum*) – a story of success from agricultural practice. Journal für Kulturpflanzen 68(12): 351 – 355. DOI: 10.1399/JfK.2016.12.01
- Hartmann A., Lunenberg T. (2016): Yield potential of cup plant under Bavarian cultivation conditions. Journal für Kulturpflanzen 68(12): 385 – 388. DOI: 10.1399/JfK.2016.12.07
- Jäger E.J. (Hrsg.) (2017): Rothmalen – Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Grundband. 21. Aufl. Springer Spektrum. Berlin: 924 S.
- Kowarik I. (2003): Human agency in biological invasions: Secondary releases foster naturalisation and population expansion of alien plant species. Biological Invasions 5: 293 – 312. DOI: 10.1023/B:BINV.0000005574.15074.66
- LfU/Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2014): Bayerische Kompensationsverordnung (BayKompV) – Arbeitshilfe zur Biotopwertliste. Verbale Kurzbeschreibungen. LfU. Augsburg: 111 S.
- Matthews J., Beringen R. et al. (2015): Horizon scanning and environmental risk analyses of non-native biomass crops in the Netherlands. Department of Environmental Science, Institute for Water and Wetland Research, Radboud University Nijmegen. Nijmegen: 256 S.
- Parolly G., Rohwer J.G. (Hrsg.) (2016): Schmeil-Fitschen: Die Flora Deutschlands und angrenzender Länder. 96. Aufl. Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim: 874 S.
- Raghu S., Anderson R.C. et al. (2006): Ecology. Adding biofuels to the invasive species fire? Science 313(5794): 1742. DOI: 10.1126/science.1129313
- Reuther R., Fickel U. (2002): Zur Flora des Unstrut-Hainich-Kreises und angrenzender Gebiete in Nordwest-Thüringen (5. Beitrag). Informationen zur floristischen Kartierung in Thüringen 21: 25 – 30.
- Reuther R., Tillich H.-J. (1996): Zur Flora des Unstrut-Hainich-Kreises, 3. Beitrag. Informationen zur floristischen Kartierung in Thüringen 11: 22 – 26.
- Roskov Y., Ower G. et al. (2019): Species 2000 and ITIS Catalogue of Life: 2019 Annual Checklist. <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2019/details/species/id/d1c5f933225a3fa3a7974259458811ac> (aufgerufen am 7.2.2020).
- Sachs L. (2004): Angewandte Statistik. Anwendung statistischer Methoden. Springer. Berlin: 889 S.
- Stanford G. (1990): *Silphium perfoliatum* (cup-plant) as a new forage. In: Smith D.D., Jacobs C.A. (Hrsg.): Proceedings of the twelfth North American Prairie Conference: Recapturing a vanishing heritage. 5 – 9 August 1990, Cedar Falls, Iowa. University of Northern Iowa. Cedar Falls, Iowa: 33 – 37.
- Stolzenburg K., Bruns H. et al. (2016): Produktion von Kosubstraten für die Biogasanlage. Ergebnisse der Versuche mit Durchwachsener Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) in Baden-Württemberg. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ). Karlsruhe: 100 S.
- Stolzenburg K., Monkos A. (2012): Erste Versuchsergebnisse mit der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) in Baden-Württemberg. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ). Karlsruhe: 10 S.
- Vinogradova Y.K., Mayorov S.R., Bochkina V.D. (2015): Changes in the spontaneous flora of the Main Botanic Garden, Moscow, over 65 years. Skvortsovia 2(1): 45 – 95.
- Wilson J.R., Richardson D.M. et al. (2007): Residence time and potential range: crucial considerations in modelling plant invasions. Diversity and Distributions 13(1): 11 – 22. DOI: 10.1111/j.1366-9516.2006.00302.x

Dank

Wir danken der Studienstiftung des deutschen Volkes für das Studien- und das Promotionsstipendium der Erstautorin. Der Regierung von Oberfranken danken wir für die finanzielle Unterstützung bei den Kartierungen. Für die gute Kooperation und die Unterstützung danken wir Dr. Pedro Gerstberger, Dr. Martin Feulner sowie den Bewirtschaftern der Silphie-Anbauflächen.

L. Marie Ende
Korrespondierende Autorin
Universität Bayreuth
Ökologisch-Botanischer Garten
Bayreuther Zentrum für Ökologie und Umweltforschung
(BayCEER)
Universitätsstraße 30
95447 Bayreuth
E-Mail: marie.ende@uni-bayreuth.de



Die Autorin absolvierte 2013 ihr Bachelorstudium im Fach Umweltmonitoring/Umweltanalyse an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden. Im Jahr 2018 erhielt sie den Master of Science im Fach Biodiversität und Ökologie an der Universität Bayreuth. Die vorliegende Studie umfasst die Ergebnisse ihrer Masterarbeit. Seit 2018 promoviert sie am Ökologisch-Botanischen Garten der Universität Bayreuth zum Thema Invasionspotenzial der Durchwachsenen Silphie. Sie ist seit 2012 Stipendiatin bzw. Promotionsstipendiatin der Studienstiftung des deutschen Volkes.

Dr. Marianne Lauerer
Universität Bayreuth
Ökologisch-Botanischer Garten
Bayreuther Zentrum für Ökologie und Umweltforschung
(BayCEER)
Universitätsstraße 30
95447 Bayreuth
E-Mail: marianne.lauerer@uni-bayreuth.de

Anzeige



Zusatzmaterial zu:

Spontanvorkommen der Silphie im Bayreuther Raum: birgt diese neue Bioenergiepflanze ein Invasionspotenzial?

Supplement to:

Spontaneous occurrences of the cup plant in the Bayreuth region:
Does this new bioenergy crop have invasive potential?

L. Marie Ende und Marianne Lauerer

Natur und Landschaft – 95. Jahrgang (2020) – Ausgabe 7: 310–315

Zusammenfassung

Die aus dem östlichen Nordamerika stammende Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*) wird in Deutschland zunehmend anstelle von Mais (*Zea mays*) als neue Bioenergiepflanze mit vielen ökologischen Vorteilen angebaut. Aufgrund ihrer Wüchsigkeit und ihres hohen Reproduktionsvermögens könnte sie jedoch ein Invasionspotenzial aufweisen. In der vorliegenden Studie wurden Spontanvorkommen der Silphie in der Umgebung bestehender Anbauflächen im Bayreuther Raum kartiert. Bei 13 der 15 untersuchten Anbauflächen wurden im 20-m-Umkreis insgesamt fast 3500 spontan auftretende Silphie-Pflanzen dokumentiert. Die Nahausbreitungsdistanz betrug im Mittel 6 m (Median). Einzelne Individuen wurden aber auch in bis zu 700 m Entfernung zur nächsten Anbaufläche kartiert. Am häufigsten wurden Offenlandbiotope, aber auch Wälder und Gehölzstrukturen sowie Schotter- und Pflasterwege besiedelt. 62 Individuen (2 %) hatten bereits einen oder mehrere Stängel und zum Teil Blüten gebildet. Ein Invasionspotenzial der Silphie kann somit bislang nicht ausgeschlossen werden.

Silphium perfoliatum – Invasionspotenzial – Spontanvorkommen – Ausbreitung – Biogaspflanze – Gebietsfremde Art

Abstract

The cup plant (*Silphium perfoliatum*), native to eastern North America, is increasingly cultivated in Germany instead of maize (*Zea mays*) as a new bioenergy crop with many ecological advantages. However, due to its growth vigour and high reproductive potential, it could have invasive potential. In the present study, surroundings of fields under this crop in the Bayreuth region were screened systematically for spontaneous occurrences of the cup plant. At 13 of the 15 fields surveyed, a total of almost 3,500 spontaneously occurring cup plants were found within a 20 m radius. Short-range dispersal was 6 m on average (median). Some individuals were also mapped up to 700 m away from the nearest field. Open sites were colonised particularly, but also forests and woody structures as well as gravel and paved roads. 62 individuals (2 %) had already developed at least one stem and partly flowers. It follows that an invasive potential of the cup plant cannot be excluded so far.

Silphium perfoliatum – Invasive potential – Spontaneous occurrence – Dispersal – Bioenergy crop – Alien species

Manuskripteinreichung: 25.6.2019, Annahme: 17.4.2020

DOI: 10.17433/7.2020.50153819.310-315

Zusatzmaterial

- **Tab.A:** S.2
- **Tab.B:** S.3
- **Kontaktdaten:** S.3

Tab. A: Liste der kartierten Biotoptypen (vier Ordnungsebenen nach LfU 2014). Angegeben ist zudem, wie häufig die Biotoptypen im Kartiergebiet vorkamen und wie häufig sie durch die Silphie besiedelt wurden. Einige Biotoptypen der 1. und 2. Ordnungsebene wurden in Abb. 3, S. 313 in der gedruckten Ausgabe, gekürzt genannt; diese Abkürzungen stehen hier in Klammern nach den Namen.

Table A: List of biotope types mapped (four levels of classification according to LfU 2014). It is also indicated how many of the biotope types occurred in the study area and how many of them were colonised by the cup plant. Some biotope type names of the first and the second level of classification were abbreviated in Fig. 3, p. 313 of the printed edition; these abbreviations are given in brackets.

1. Ordnungsebene	2. Ordnungsebene	3. Ordnungsebene	4. Ordnungsebene	Anzahl der durch die Silphie besiedelten Biotope/Gesamtanzahl der kartierten Biotope
Gewässer	F: Fließgewässer	F1: Natürlich entstandene Fließgewässer	F13: Deutlich veränderte Fließgewässer F14: Mäßig veränderte Fließgewässer	0/1 0/4
Äcker, Grünland, Verlandungsbereiche, Ruderalfluren, Heiden und Moore (Offenland-biotope)	A: Äcker/Felder G: Grünland	F2: Künstlich angelegte Fließgewässer A1: Bewirtschaftete Äcker A2: Ackerbrachen G1: Intensivgrünland G2: Extensivgrünland	F21: Gräben A12: Bewirtschaftete Äcker mit standorttypischer Segetalvegetation (mehrfährige Kultur) A2: Ackerbrachen G12: Intensivgrünland, brachgefallen G21: Mäßig extensiv bis extensiv genutztes Grünland frischer bis mäßig trockener Standorte G22: Seggen- und binsenreiche Feucht- und Nasswiesen	0/7 5/14 1/1 1/2 0/4
Höhlen, vegetationsfreie/-arme Standorte und Gletscher (vegetationsfreie Standorte)	R: Röhrichte und Großseggenriede (Großseggenriede) K: Ufersäume, Säume, Ruderal- und Staudenfluren (Gras- und Krautfluren) O: Felsen, Block- und Schutthalde, Geröllfelder, vegetationsfreie/-arme offene Bereiche (Bauflächen)	R3: Großseggenriede K1: Ufersäume, Säume, Ruderal- und Staudenfluren der planaren bis hochmontanen Stufe O7: Bauflächen und Baustelleneinrichtungsflächen	R32: Großseggenriede der Verlandungsbereiche K11: Artenarme Säume und Staudenfluren K12: Mäßig artenreiche Säume und Staudenfluren O7: Bauflächen und Baustelleneinrichtungsflächen	0/1 0/1 11/26 5/10 0/1
Wälder und Gehölzstrukturen	B: Feldgehölze, Hecken, Gebüsche, Gehölzkulturen (Gehölzgruppen)	B1: Gebüsche und Hecken B2: Feldgehölze B3: Einzelbäume, Baumreihen und Baumgruppen B4: Streuobstbestände B5: Gehölzplantagen W1: Waldmäntel W2: Vorwälder L6: Sonstige standortgerechte Laub(misch)wälder L7: Nicht standortgerechte Kiefernwälder der kollinen bis montanen Stufe N7: Nadelholzforste	B11: Gebüsche und Hecken mit überwiegend einheimischen, standort-gerechten Arten B21: Feldgehölze mit überwiegend einheimischen, standortgerechten Arten B31: Einzelbäume/Baumreihen/Baumgruppen mit überwiegend einheimischen, standortgerechten Arten B32: Einzelbäume/Baumreihen/Baumgruppen mit überwiegend gebiets-fremden Arten B43: Streuobstbestände im Komplex mit intensiv bis extensiv genutztem Grünland B53: Kurzumtriebsplantagen W12: Waldmäntel frischer bis mäßig trockener Standorte W21: Vorwälder auf natürlich entwickelten Böden L61: Sonstige standortgerechte Laub(misch)wälder, junge Ausprägung L71: Nicht standortgerechte Laub(misch)wälder einheimischer Baumarten N11: Kiefernwälder nährstoffarmer, stark saurer Standorte N12: Kiefernwälder nährstoffarmer, carbonatischer Standorte N71: Strukturarme Altersklassen-Nadelholzforste N72: Strukturreiche Nadelholzforste	0/3 0/1 2/25 1/1 0/1 0/1 1/5 0/1 0/1 1/2 0/3 0/3 2/2 1/2
Siedlungsbereich, Industrie-/Gewerbe-flächen und Verkehrs-anlagen (Siedlungs-bereich)	P: Freiflächen des Siedlungsbereichs (Freiflächen) V: Verkehrsflächen	P4: Sonderflächen der Land- und Energiewirtschaft V1: Verkehrsflächen des Straßen- und Flugverkehrs V3: Rad-/Fußwege und Wirtschaftswege V5: Grünflächen und Gehölzbestände entlang von Verkehrsflächen	P41: Sonderflächen der Land- und Energiewirtschaft P42: Land- und forstwirtschaftliche Lagerflächen V12: Verkehrsflächen des Straßen- und Flugverkehrs, befestigt V32: Rad-/Fußwege und Wirtschaftswege, befestigt V33: Rad-/Fußwege und Wirtschaftswege, unbefestigt V51: Grünflächen und Gehölzbestände junger bis mittlerer Ausprägung entlang von Verkehrsflächen	0/1 0/1 0/3 4/8 5/11 0/5

Tab. B: GPS-Koordinaten der kartierten spontan vorkommenden Silphie-Pflanzen, die einen Stängel ausgebildet hatten. Diese waren damit bereits in der reproduktionsfähigen Phase und könnten sich nach einer Fruchtbildung weiter ausbreiten. Die Erfassung erfolgte mit einem GPS-Gerät (eTrex30® von Garmin) auf 2 m genau.

Table B: GPS coordinates of mapped, spontaneously occurring cup plants which had developed a stem. These individuals had already reached the reproductive stage and could spread further after ripening of fruits. Points were recorded by a GPS device (eTrex30® by Garmin) with an accuracy of 2 m.

GPS-Koordinaten (WGS 84)	Name der nächstgelegenen Anbaufläche	Anzahl der Silphie-Pflanzen mit Stängel im Umkreis von 80 cm um die angegebene GPS-Koordinate
N 49.930053 E 11.530290	Geigenreuth	1
N 49.930013 E 11.530359	Geigenreuth	8
N 49.930003 E 11.530366	Geigenreuth	1
N 49.930145 E 11.530144	Geigenreuth	2
N 49.930041 E 11.530317	Geigenreuth	3
N 49.930145 E 11.530158	Geigenreuth	1
N 49.930026 E 11.530339	Geigenreuth	2
N 49.930137 E 11.530147	Geigenreuth	2
N 49.930160 E 11.530133	Geigenreuth	1
N 49.929990 E 11.530317	Geigenreuth	1
N 49.944206 E 11.287555	Hollfeld	1
N 49.944209 E 11.287577	Hollfeld	1
N 49.944221 E 11.287630	Hollfeld	1
N 49.922102 E 11.389772	Obernsees Hochebene	1
N 49.796042 E 11.158412	Ebermannstadt	5
N 49.796046 E 11.158396	Ebermannstadt	2
N 49.796056 E 11.158410	Ebermannstadt	1
N 49.796038 E 11.158541	Ebermannstadt	1
N 49.796030 E 11.158647	Ebermannstadt	2
N 49.657866 E 11.481525	Plech	1
N 49.656102 E 11.477799	Plech	1
N 50.207980 E 11.767405	Gottersdorf	1
N 50.207990 E 11.767418	Gottersdorf	2
N 50.208017 E 11.767593	Gottersdorf	2
N 50.208205 E 11.768351	Gottersdorf	2
N 50.209257 E 11.767467	Gottersdorf	1
N 50.209305 E 11.767917	Gottersdorf	1
N 50.209310 E 11.767825	Gottersdorf	6
N 50.209298 E 11.767795	Gottersdorf	2
N 50.209296 E 11.767789	Gottersdorf	1
N 50.209262 E 11.767655	Gottersdorf	1
N 50.209258 E 11.767561	Gottersdorf	1
N 50.209256 E 11.767467	Gottersdorf	1
N 49.916111 E 11.554291	Bayreuth Saaser Berg	2
N 49.916160 E 11.554247	Bayreuth Saaser Berg	1

L. Marie Ende
Korrespondierende Autorin
 Universität Bayreuth
 Ökologisch-Botanischer Garten
 Bayreuther Zentrum für Ökologie und Umweltforschung
 (BayCEER)
 Universitätsstraße 30
 95447 Bayreuth
 E-Mail: marie.ende@uni-bayreuth.de



Die Autorin absolvierte 2013 ihr Bachelorstudium im Fach Umweltmonitoring/Umweltanalyse an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden. Im Jahr 2018 erhielt sie den Master of Science im Fach Biodiversität und Ökologie an der Universität Bayreuth. Die vorliegende Studie umfasst die Ergebnisse ihrer Masterarbeit. Seit 2018 promoviert sie am Ökologisch-Botanischen Garten der Universität Bayreuth zum Thema Invasionspotenzial der Durchwachsenen Silphie. Sie ist seit 2012 Stipendiatin bzw. Promotionsstipendiatin der Studienstiftung des deutschen Volkes.

Dr. Marianne Lauerer
 Universität Bayreuth
 Ökologisch-Botanischer Garten
 Bayreuther Zentrum für Ökologie und Umweltforschung
 (BayCEER)
 Universitätsstraße 30
 95447 Bayreuth
 E-Mail: marianne.lauerer@uni-bayreuth.de