
Maßnahmen zum Umgang mit japanischem Staudenknöterich

Berichte der Bundesanstalt
für Straßenwesen
Verkehrstechnik Heft V 380

Maßnahmen zum Umgang mit japanischem Staudenknöterich

von

Frank Molder, Tamara Gaar, Lea Münch
Baader Konzept GmbH, Gunzenhausen

Beate Alberternst

Projektgruppe Biodiversität und Landschaftsökologie, Friedberg

Berichte der Bundesanstalt
für Straßenwesen
Verkehrstechnik Heft V 380

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M - Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Kommunikation.

Die Hefte der Schriftenreihe Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen können direkt bei der Carl Ed. Schünemann KG, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Seit 2015 stehen die Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) als kostenfreier Download im elektronischen BASt-Archiv ELBA zur Verfügung.
<https://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 02.0429
Maßnahmen zum Umgang mit japanischem Staudenknöterich

Fachbetreuung:
Pia Bartels

Referat:
Klimaschutz, Nachhaltigkeit, Verkehrsstatistik

Herausgeber:
Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

Redaktion:
Stabsstelle Presse und Kommunikation

Gestaltungskonzept:
MedienMélange:Kommunikation

Druck und Verlag:
Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53 | Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9331 | ISBN 978-3-95606-792-1 | <https://doi.org/10.60850/bericht-v380>

Bergisch Gladbach, September 2024

Kurzfassung – Abstract

Maßnahmen zum Umgang mit japanischem Staudenknöterich

Neben einheimischen Arten nutzen auch Neophyten die straßenbegleitenden Grünflächen als relevante Ausbreitungspfade. So treten aus Ostasien stammende Knöteriche wie der Japanische Staudenknöterich (*Fallopia japonica*) zunehmend im Verkehrsbegleitgrün auf und werden dort von vielen Straßenbetriebsdiensten als sehr problematisch eingestuft. Grund hierfür ist, dass diese Pflanzen durch ihre Hoch- und Schnellwüchsigkeit ein Risiko für die Verkehrssicherheit darstellen können und oft zu einem höheren Pflegeaufwand führen.

Die Bekämpfung etablierter Bestände des Staudenknöterichs ist zeit-, arbeits- und kostenintensiv. Daher kommt der Ausbreitungsprävention große Bedeutung zu. Die Verschleppung von Rhizomen des Staudenknöterichs in Bodenmaterial stellt den bedeutendsten Ausbreitungsweg im Straßenraum dar. Daher wurden Konzepte zur Vermeidung der Ausbreitung durch Bodenmaterial sowohl für den Straßenbau als auch für die Aufgabenbereiche der Straßenbetriebsdienste erarbeitet.

Bestandsregulierende Maßnahmen sind dort erforderlich, wo Bestände des Staudenknöterichs akut problematisch sind oder dies auf absehbare Zeit werden können, z. B. in Hinsicht auf die Einschränkung der Verkehrssicherheit, eine markante Erhöhung des Pflegeaufwands inklusive der Aufwendungen für Verkehrssicherung oder einer Gefährdung von Infrastrukturen. Dies trifft vorwiegend auf ältere Bestände zu, da diese meist ein großes und tiefreichendes Rhizom- und Wurzelsystem aufgebaut haben. Dagegen lassen sich junge und kleine Bestände in der Regel deutlich leichter bekämpfen.

Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens ist es, auf den Verkehrsträger Straße zugeschnittene Konzepte zur Priorisierung der Bekämpfung des Staudenknöterichs bei verschiedenen Standortsituationen zu erstellen sowie potenziell geeignete Bekämpfungsmethoden zu erproben und zu bewerten. Im Forschungsvorhaben wurden Kriterien zur Priorisierung zu bekämpfender Bestände auf Grundlage der Bestandsgröße und der akuten Problemlage in Form einer Abfrageliste zusammengefasst. Zur Umsetzung von Maßnahmen zur Ausbreitungsprävention wurden Checklisten (Planung, Bau, nach Baufertigstellung) erarbeitet. Bereits bekannte Bekämpfungsmethoden wurden zusammengestellt, beschrieben und ihre Anwendbarkeit auf Straßenbegleitflächen beurteilt.

Im Rahmen des Projekts wurden in Praxisversuchen die Verfahren Ausgraben/Ausreißen (händisch), Strom (Elektrolanze), Heißwasser und Einbau von Drahtgittern erprobt. Auf Verfahren mit einem Anfall von zu entsorgenden Rhizom-Bodengemischen (z. B. Abgraben und Abdecken mit Vlies/Folie, Ausgraben maschinell) wurde aufgrund der mit der Entsorgung verknüpften Problematik verzichtet. Seit 2020 und 2021 werden die vier Bekämpfungsmethoden an insgesamt zehn Standorten und auf 20 Einzelflächen erprobt. Die Versuchsflächen befinden sich überwiegend im Verkehrsbegleitgrün von Bundesfernstraßen. Die verschiedenen Bekämpfungsverfahren wurden auf Basis der gewonnenen Untersuchungsergebnisse bewertet.

Die Maßnahmen haben bis Ende 2022 noch an keinem der Versuchsstandorte nachweislich zu einer vollständigen Beseitigung des Staudenknöterichs geführt. Die Ergebnisse stellen daher ein Zwischenresultat dar, da nach zwei (bzw. drei) Behandlungsjahren bei den schwer zu beseitigen Staudenknöterichen die Bekämpfungen noch weiterlaufen werden. Die Bekämpfungen werden fortgeführt. Die bislang erzielten Erkenntnisse stellen auch die Basis für konkrete Empfehlungen zur Priorisierung zu bekämpfender Staudenknöterichbestände dar.

Als vorläufiges Ergebnis der Bekämpfungsversuche lässt sich feststellen:

- Ausgraben/Ausreißen (händisch) von Kleinbeständen reduzierte schon im ersten Bekämpfungsjahr den Sprossaufwuchs deutlich; ein mittelgroßer Bestand zeigte hingegen im zweiten Jahr zahlreiche Nachtriebe.
- Die Heißwasserbekämpfung auf dem Mittelstreifen einer Autobahn bewirkte ab dem ersten Bekämpfungsjahr eine Sprossreduktion und schnitt hier im direkten Standortvergleich besser ab als die Strombekämpfung.
- Die Heißwasserbekämpfung auf dem Autobahnmittelstreifen war auch erfolgreicher als die gleiche Behandlung auf Standorten mit besseren Standortbedingungen.
- In Hessen war die Elektrobekämpfung erfolgreicher als die Heißwasserbekämpfung, die dort an Beständen auf Standorten mit günstigeren Standortbedingungen (Trophie, Wasserhaushalt) erfolgte. Die Strombehandlung bewirkte an einem Bestand an einer Böschung einen sehr starken Bestandsrückgang im zweiten Behandlungsjahr, bei zwei weiteren Vorkommen an Böschungen war ein weniger starker Rückgang feststellbar.
- Der Zeitpunkt der Heißwasser- und Strombehandlung sowie Abstand und Häufigkeit der Durchführung beeinflussen den Erfolg; günstig sind nach vorläufiger Einschätzung ein Maßnahmenbeginn ca. Mitte (Ende Mai) und ein Abstand von ca. 5 bis 6 Wochen bis zum nächsten Termin.
- Der Einbau von Drahtgittern in vier Knöterichbestände auf Autobahnböschungen zeigte bisher geringe bis keine Effekte auf die Vitalität der Staudenknöteriche.

Measures to deal with Japanese knotweed

In addition to native species, invasive neophytes also use roadside vegetation as relevant dispersal paths. For example, knotweeds originating in East Asia, such as Japanese knotweed (*Fallopia japonica*), are increasingly occurring in roadside green spaces and are considered very problematic there by many roads' maintenance services. The reason for this is that, these plants pose a potential risk to road safety due to their tall and fast growth and often lead to higher maintenance requirements.

The control of established populations of knotweed is time-consuming, labour-intensive and costly. Therefore, the prevention of spread is of great importance. The spread of knotweed rhizomes in soil material is the most important route of spread in road space. Therefore, concepts for the prevention of spread through soil material have been developed for road construction as well as for the tasks of road maintenance services.

Stock control measures are necessary where stands of knotweed are or may become acutely problematic in the near future, e.g., in terms of the restriction of traffic safety, a marked increase in maintenance effort including expenses for traffic safety or a threat to infrastructure. This applies mainly to older stands, as these have usually built up a large and deep rhizome and root system. In contrast, young and small stands are usually much easier to control.

The aim of the present research project is to develop concepts tailored to the road transport mode for prioritising the control of knotweed in different site situations and to test and evaluate potentially suitable control methods. The report summarised criteria for prioritising stands to be controlled based on stand size and the acute problem situation in the form of a query list. Checklists (planning, construction, after completion

of construction) were compiled for the implementation of spread prevention measures. Already known control methods were compiled, described and their applicability to roadside areas were assessed.

Within the framework of the project, the following methods were tested in practical trials: digging/pulling (manually), electricity (electric lance), hot water and the installation of wire mesh. Procedures involving the accumulation of rhizome-soil mixtures to be disposed of (e.g., digging and covering with fleece/film, excavation by machine) were not used because of the problems associated with disposal. Since 2020 and 2021, the four control methods were tested at a total of ten sites and on 20 individual plots. The trial areas are predominantly located in the traffic greenery of federal roads. The various control methods were evaluated on the basis of the test results obtained.

By the end of 2022, the measures have not yet led to the complete eradication of knotweed at any of the trial sites. Therefore, the results represent an interim statement, since after two (or three) years of treatment, control measures will still continue for knotweed that is difficult to eradicate. The findings obtained so far, also form the basis for concrete recommendations on the prioritisation of knotweed stands that need to be controlled.

As a preliminary result of the control trials, it can be stated:

- Digging/plucking (by hand) of small stands already reduced sprout growth significantly in the first year of control; a medium-sized stand, on the other hand, showed numerous new sprouts in the second year.
- Hot water control on the centre strip of a motorway led to a reduction in sprouts from the first year of control and performed better in a direct site comparison than electricity control.
- Hot water treatment on the centre strip of a motorway was more successful than the same treatment on sites with better site conditions.
- In Hessen, electricity control was more successful than hot water control, the latter was applied to stands on sites with more favourable site conditions (trophic conditions, water balance). Electric treatment caused a very strong decline in one stand on a slope in the second year of treatment, while a less strong decline was observed in two other stands on slopes.
- The timing of the hot water and electric treatment as well as the interval and frequency of implementation influence the success; according to preliminary estimates, a start of the measure approximately in the middle (end of May) and an interval of approximately 5 to 6 weeks until the next appointment are favourable.
- The installation of wire netting in four knotweed stands on motorway slopes has so far shown little to no effect on the vitality of the herbaceous knotweed.

Summary

Measures to deal with Japanese knotweed

1 Initial situation

The dense road network in Germany, with its roadside areas, also represents important structural elements and migration routes for animal and plant species, which provide organisms with habitats and contribute to connecting populations. In addition to native species, non-indigenous plant species also use the roadside green spaces as relevant dispersal paths – comparable to waterways and railway networks, which as linear landscape elements have long been known as migration routes for plants. In this context, some neophytes classified as invasive or potentially invasive are also regularly present in the roadside green spaces.

Japanese knotweed (*Fallopia japonica*), which originates in East Asia, is also increasingly found in roadside areas, where it has mostly been introduced during construction work with “rhizome-laden” soil material. In a survey addressed to road maintenance services of the federal states conducted by BASt in 2019, this species in particular was rated as very problematic. The reason is that these plants potentially pose a risk to road safety due to their tall and fast growth and often lead to higher maintenance costs. The personnel and time requirements for road maintenance services concerned can increase significantly, especially in the area of federal roads, since in addition to the actual maintenance of green spaces, accompanying road safety measures must often be carried out as well.

In addition to Japanese knotweed, Sakhalin knotweed (*F. sachalinensis*) and Bohemian knotweed (*F. x bohemica*) also occur in Germany. These two herbaceous knotweed species look similar to Japanese knotweed and have a very similar growth and spreading strategy. Therefore, the term “knotweed” will be used in the following.

Established stands of knotweed are difficult to eradicate due to their high regenerative capacity and the extensive root and rhizome system. Although various methods and experiences already exist for controlling knotweed stands, these show varying degrees of success or have been tested in areas that are not comparable with the situation in the greenery accompanying federal roads.

2 Destination

The aim of this research project is to develop concepts for prioritising control measures and preventing the spread of knotweed along roads and to test suitable control methods. Recommendations and proposals for measures are to be developed that contribute significantly to preventing the introduction of knotweed to areas in the roadside greenery, to defining problematic knotweed stands in the roadside greenery, to effectively reducing or eliminating them and to preventing the further spread of knotweed species in the transport sector.

The project is divided into the following work steps:

- a) Compilation and evaluation of existing methods for the control of knotweed
- b) Prioritisation of control measures on roadside greenery at different locations
- c) Derivation of new methodological approaches/combinations for control measures in roadside greenery
- d) Compilation of specifications for the prevention of spreading through soil material (prevention)
- e) Practical tests of selected control methods
- f) Elaboration of recommendations for dealing with knotweed in traffic greenery

3 Evaluation of control methods against knotweed and possible applications in roadside greenery

Based on previous experience, surveys of the current scientific literature were carried out. Another focus was on the downstream treatment of soil material contaminated with knotweed rhizomes or mown material contaminated with sprouts.

The control of Asian knotweed is an important issue in several European countries, also in areas away from transport routes. For example, nature conservation authorities, forestry administrations and water management are also entrusted with appropriate stand control measures. Their experiences are usually not published or only in “grey literature”. As valuable insights are to be expected, selected actors with specific experience in knotweed control were interviewed in addition to the above-mentioned survey work and examples of “control areas” were visited on site.

The methods identified were compiled, described and evaluated with regard to their applicability to roadside areas or in the vicinity of transport infrastructures. The practicability of the control methods, their suitability for certain stand types and stand ages as well as the required accessibility of the stands and the expected control success or cost-benefit effect were taken into account in the classification. The following control methods with a basic suitability for application in the greenery of federal roads were identified:

Cover with fleece/film	Topsoil removal and installation of a root protection sheet, with subsequent remediation and disposal of soil-rhizome mixture.
Pulling/Digging (manual)	Pull out manually (repeatedly)
Excavate	Excavation by hand (repeatedly) or by machine (once, with subsequent clean-up and disposal of soil-rhizome mixture)
Electricity	Combating with high voltage current using an electric lance (repeated)
Hot water	Control with hot water application (shower, lance, repeated)
Wire mesh	Installation of wire mesh with defined mesh size (starvation)

4 Prioritisations of control measures on traffic greenery at different locations

Stand-regulating measures are required as a priority where knotweed stands are acutely problematic with regard to the function of the affected area or may become so in the foreseeable future, e.g., with regard to

- the restriction of road safety (impairment of clearance or visibility of traffic signs),
- a marked increase in the maintenance effort (more frequent pruning compared to regular maintenance) with corresponding expenses for traffic safety,
- the endangerment of infrastructures (overgrowth in verges or roadside, undergrowth of structures, etc.).

Another criterion is the practical feasibility of controlling. The age of the plants, the size of the stand, as well as the accessibility and treatment possibilities of the areas, i.e., ultimately the expected cost-benefit ratio, must be taken into account.

Stands with acute problems are often long-established stands with relatively large underground biomass. In contrast, young and small stands are usually much easier to control. In the report, criteria for prioritising stands to be controlled based on stand size and the acute problem situation were summarised in the form of a query list.

5 Compilation of specifications for the prevention of spreading through soil material (prevention)

The control of established stands of knotweed is time-consuming, labor-intensive and costly. Therefore, spread prevention is of great importance. Targeted preventive measures are to be taken to prevent spreading units of knotweed from unintentionally reaching new areas and establishing new stands there. The spread of rhizomes in soil material represents the most important spreading path for knotweed in road space. Therefore, concepts for the prevention of spreading through soil material were developed for road construction as well as for the tasks of road maintenance services. Pathways of introduction were analysed and instruments and starting points for preventing the spread of soil material (e.g., during new construction and expansion or the modernisation and rehabilitation of infrastructure measures) were compiled. In addition to the establishment of area controls and concrete specifications for the prevention of knotweed introductions as well as the rehabilitation of infested areas, the road maintenance service, road planning and road construction are to be sensitised to the topic.

6 Practical tests of selected control methods

Potentially suitable control methods for the use on roadside areas were tested in practical application trials. After a pre-selection of control methods and the selection of suitable test sites, the following methods were tested in practical trials:

- digging/pulling (manually),
- electricity (electric lance),
- hot water and
- installation of wire mesh.

Procedures involving the accumulation of rhizome-soil mixtures to be disposed of were deliberately avoided.

Since 2021, the four control methods have been tested at a total of ten sites and on 20 individual plots. The trial areas are predominantly located in the traffic greenery of federal roads. Two control measures initiated by Hessen Forrester, which already began in 2020 and are located away from roads, are also being monitored.

By the end of 2022, the measures had not yet led to complete eradication of knotweed at any of the trial sites. The results represent an interim result, as after two (three) years of treatment, only reductions have been detected in the perennial knotweed, which is difficult to eradicate overall, and the control measures will continue. In small stands, where no sprouts were detected after two years of digging/uprooting in autumn 2022, spring 2023 will show whether rhizomes capable of sprouting remain.

The stock-regulating measures have influenced the growth of the knotweed stands at the trial sites to varying degrees. A comparative evaluation of the results must take into account that the control methods were carried out under practical conditions at different sites, with different Fallopian species, at different (phenological) times and with stands of different size/age. By the end of 2022, however, a weakening was registered in most stands. It should be taken into account that the very dry and warm summer in 2022 may also be responsible for part of the observed growth depression.

As a preliminary result of the control trials, it can be stated:

- Digging up/tearing out (by hand) of small stands significantly reduced shoot growth in the first year of control; complete elimination can be expected in the foreseeable future. A medium-sized stand (> 20 m²), on the other hand, showed numerous sprouts in the second year.
- The hot water control on the centre strip of the A9 resulted in a clear reduction of sprouts from the first year of control onwards and performed better in a direct site comparison than the electricity control. Due to the different control intervals and frequencies, especially in the first year of control, the comparison must be classified as preliminary.

- The hot water treatment on two motorway embankments on the A9 with better soil conditions had a weaker effect than in the centre strip. The hot water treatments commissioned by Hessen-Forst over three vegetation periods (2020 – 2022) in the riparian area of the Lahn and on the edge of the forest near Giessen also led to a comparatively small decline in knotweed. Here, the site situation with the good availability of nutrients and water can be assumed as the cause, too.
- The electric treatment caused a very strong decline in one stand on a downstream slope in the second year of treatment, while a less pronounced decline was observed in two other stands on embankments.
- In Hessen, electric control was more successful than hot water control, which was carried out on stands on sites with more favourable site conditions (trophic conditions, water balance).
- The timing of the implementation of hot water and electric treatment as well as the interval between treatments or the frequency of treatments influence the success of the measures; according to preliminary estimates, a start of the measures around the middle (end) of May and an interval of approx. 5 to 6 weeks until the next treatment is favourable.
- The installation of wire mesh in four knotweed stands on motorway embankments has so far shown little to no effect on the vitality of the herbaceous knotweed.

7 Recommendations for dealing with knotweed in traffic greenery

The recommendations derived for dealing with knotweed in traffic greenery are divided into three chapters:

- Recommendations for prioritisation:
Guidance on prioritising the control of stands of knotweed in roadside greenery with naming of decision criteria and compilation of a query list.
- Recommendations for control:
Preliminary evaluation of different control methods in relation to size, age and site situation of knotweed stands.
- Recommendations for spread prevention:
Compilation of possible measures for spread prevention of knotweed in the form of checklists, differentiated into the phase's planning/approval, construction and after construction completion/monitoring.

Inhalt

1	Einführung	15
1.1	Ausgangslage	15
1.2	Biologie und Ausbreitung des Staudenknöterichs	16
1.3	Staudenknöterich-Problematik	18
1.3.1	Ökologische Auswirkungen	18
1.3.2	Auswirkungen und Sicherheitsprobleme im Verkehrsbereich	18
1.3.3	Ökonomische Auswirkungen	21
1.4	Rechtliche Regelungen	25
1.4.1	Internationale und europäische Übereinkommen und Verordnungen	25
1.4.2	Bestimmungen nach §§ 40a – 40f Bundesnaturschutzgesetz	27
1.4.3	Bestimmungen nach § 40 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)	28
1.4.4	Blick in die Niederlande – Handelsverbot für Asiatischen Staudenknöterich ab 2022	29
1.5	Projektziele und Arbeitsschritte	29
2	Zusammenstellung und Bewertung von vorhandenen Methoden für die Bekämpfung	34
2.1	Übersicht	34
2.2	Vorstellung ausgewählter Verfahren	35
2.2.1	Verfahren zur Bekämpfung/Wuchskontrolle der ostasiatischen Staudenknöterich-Sippen im Bestand	35
2.2.2	Verfahren zur Behandlung von mit Staudenknöterich belasteten Substraten (rhizomhaltige Böden, Mähgut)	41
2.3	Zusammenfassende Einordnung und Bewertung von Bekämpfungsmethoden im Bestand	43
3	Priorisierung der Bekämpfung an unterschiedlichen Standorten auf straßenbegleitenden Grünflächen	47

4	Entwicklung methodischer Ansätze zur Bekämpfung der asiatischen Staudenknöteriche im Verkehrsbegleitgrün	49
4.1	Ansatz zur Neu- und Weiterentwicklung von Bekämpfungsverfahren	49
4.2	Beschreibung der Bekämpfungsverfahren zum potentiellen Einsatz in den Praxisversuchen mit erweiterten Ansätzen für die Anwendung im Verkehrsbegleitgrün	50
4.2.1	Abdecken mit Vlies/Folie	50
4.2.2	Ausreißen (inkl. Ausgraben händisch)	51
4.2.3	Ausgraben (maschinell)	52
4.2.4	Strom (Elektrolanze)	53
4.2.5	Heißwasser	55
4.2.6	Drahtgitter	56
4.2.7	Zusammenschau der potenziell geeigneten Bekämpfungsverfahren	57
5	Ableitung/Entwicklung methodischer Ansätze zur Vermeidung der Ausbreitung durch Bodenmaterial (Prävention)	58
5.1	Ausbreitungswege des Staudenknöterichs und Präventionsansätze	58
5.2	Wuchsorte des Staudenknöterichs im „Straßenraum“	61
5.3	Geschwindigkeit der Bestandsentwicklung	69
5.4	Ansatzpunkte für Gegenmaßnahmen	72
5.4.1	Pfade der Rhizomverschleppung mit Erde	72
5.4.2	Möglichkeiten zur Verhinderung der Rhizomverschleppung mit Erde	73
5.4.3	Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Verschleppungsprävention mit Erde	74
6	Durchführung von In situ-Studien (Praxistest ausgewählter Bekämpfungsmethoden)	77
6.1	Erkundung und Auswahl der Standorte	77
6.1.1	Standortrecherchen	77
6.1.2	Bewertungskriterien für die Eignungsprüfung der Versuchsstandorte	78
6.1.3	Arbeitsschritte zur Konkretisierung des Versuchsdesigns	80
6.1.4	Abschließende Auswahl der Bekämpfungsverfahren	81
6.1.5	Abschließende Auswahl der Versuchsstandorte	83

6.2	Durchführung und Betreuung der Bekämpfungsmaßnahmen	86
6.3	Dokumentation der Versuchsanlagen und Maßnahmendurchführung	87
6.3.1	A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf/Seulberg (Drahtgitter, Ausgraben/Ausreißen)	87
6.3.2	A45 Lärmschutzwall bei Großen-Linden	91
6.3.3	A9 bei Himmelgarten, Mittelstreifen	95
6.3.4	A9 Böschung nördlich Neunkirchen a. Sand, südliches Vorkommen	101
6.3.5	A9 Böschung südlich Letten, nördliches Vorkommen	104
6.3.6	A9 Böschung südlich Letten, südliches Vorkommen	107
6.3.7	A45 Münchholzhausen, Hinterseite Lärmschutzwall	109
6.3.8	A3 Autobahnkreuz Frankfurt Süd	111
6.3.9	Ortsumfahrung Aufkirchen/Irsingen bei Gerolfingen	114
6.3.10	Hessen-Forst 1: Dutenhofen	122
6.3.11	Hessen-Forst 2: Bergwerkswald	124
6.4	Ergebnisse	128
6.4.1	Darstellung der Ergebnisse	128
6.4.2	Ausgraben/Ausreißen – händisch	130
6.4.3	Strombekämpfung – Elektrolanze	142
6.4.4	Heißwasserbekämpfung	160
6.4.5	Einbau Drahtgitter	183
6.5	Methodenvergleich	194
6.5.1	Vergleich der Verfahren	194
6.5.2	Bekämpfungstermine	195
6.5.3	Unterschiede zwischen den Fallopia-Sippen	198
6.5.4	Zeit- und Maschinenaufwand bei verschiedenen Bekämpfungsmethoden	199

7 Empfehlungen zum Umgang mit Staudenknöterichen im Straßenbegleitgrün 201

7.1	Empfehlungen zur Priorisierung	201
7.2	Empfehlungen zur Bekämpfung	202
7.3	Empfehlungen zur Ausbreitungsprävention	203
7.3.1	Zusammenstellung von Maßnahmen zur Prävention der Staudenknöterich-Ausbreitung im Planungsprozess und in der Umsetzungsphase von Bauprojekten	203
7.3.2	Checkliste	203
7.4	Übertrag der Ergebnisse auf andere Verkehrsträger	206

Literatur	207
Bilder	214
Tabellen	218

Der Anhang zum Bericht ist im elektronischen BAST-Archiv ELBA unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de> abrufbar.

1 Einführung

1.1 Ausgangslage

Straßen durchziehen in Deutschland in einem engmaschigen Netz unsere Kulturlandschaft und ermöglichen damit Mobilität und effektiven Warenaustausch. Damit einhergehend stellen Straßenbegleitflächen auch für Tier- und Pflanzenarten zunehmend wichtige Strukturelemente und Wanderrouten dar, die den Organismen Lebensraum bieten und zur Vernetzung von Populationen beitragen.

Neben einheimischen Arten nutzen auch gebietsfremde Pflanzenarten die straßenbegleitenden Grünflächen als relevante Ausbreitungspfade – vergleichbar den Wasserstraßen und Eisenbahnnetzen, die als ebenfalls lineare Landschaftselemente schon lange als Wanderrouten für Pflanzen bekannt sind. Dabei sind auch einige als invasiv oder potenziell invasiv eingestufte Neophyten (vgl. NEHRING et al. 2013) regelmäßig im Straßenbegleitgrün enthalten. So hat sich beispielsweise das aus Südafrika stammende Schmalblättrige Greiskraut (*Senecio inaequidens*) seit den 1970er Jahren vornehmlich entlang von Autobahnen und Schienenwegen in Deutschland ausgebreitet und säumt heute Ränder an Bundesfernstraßen in weiten Landesteilen (vgl. BÖHMER 2002, KOWARIK 2010, BUCH 2018, MOLDER et al. 2022). Aktuell treten immer wieder neuere Neophyten im Straßenbegleitgrün auf bzw. erfahren deutliche Ausbreitungsschübe. So kommt z. B. in Bayern in jüngerer Zeit vermehrt die ursprünglich aus Nordamerika stammende Beifuß-Ambrosie (Syn.: Beifußblättriges Traubenkraut, *Ambrosia artemisiifolia*) an Autobahnrandern vor (NAWRATH & ALBERTERNST 2010), wo die Art über lange Streckenabschnitte individuenreiche Bestände bildet.

Auch der aus Ostasien stammende Japanische Staudenknöterich (*Fallopia japonica*) kommt zunehmend auf Straßenbegleitflächen vor, wohin er meist bei Baumaßnahmen mit rhizombelastetem Erdmaterial gelangt ist. Bei einer aktuellen Befragung der Straßenbetriebsdienste der Länder wurde besonders diese Art als sehr problematisch bewertet, weil sie aufgrund ihrer Hoch- und Schnellwüchsigkeit zu Sichtbehinderungen führen und damit ein Risiko für die Verkehrssicherheit darstellen kann (BASt 2019). Neben dem Japanischen Staudenknöterich kommen in Deutschland auch der Sachalin-Staudenknöterich (*F. sachalinensis*) und der Böhmisches Staudenknöterich (*F. x bohemica*) vor. Diese beiden Staudenknöterich-Sippen sehen dem Japanischen Staudenknöterich ähnlich, haben eine sehr ähnliche Wuchs- und Ausbreitungsstrategie und werden daher oft mit dem Japanischen Staudenknöterich verwechselt (vgl. Bild 1). Die folgenden Aussagen zum Japanischen Staudenknöterich gelten weitgehend auch für den Sachalin-Staudenknöterich und den Böhmisches Staudenknöterich. Daher wird im Weiteren artübergreifend der Terminus „Staudenknöterich“ bzw. „Knöterich“ verwendet.

Etablierte Staudenknöterich-Vorkommen sind aufgrund ihres hohen Regenerationsvermögens und des in dem weitreichenden Wurzel- und Rhizomsystem eingelagerten Reservestoffvorrats schwer wieder zu beseitigen. Zwar existieren bereits verschiedene Methoden und Erfahrungen zur Bekämpfung von Knöterichbeständen, doch diese zeigen unterschiedliche Erfolge oder wurden vorwiegend für Gewässer oder Eisenbahngelände erprobt (vgl. KRETZ 1994, BOLLENS 2005, BOLLENS & FISCHER 2012, WALSER 1995, 2015). Im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens sollen auch auf den Verkehrsträger Straße zugeschnittene Konzepte zur Priorisierung der Bekämpfung und zur Ausbreitungsprävention definiert bzw. entwickelt werden sowie entsprechende Bekämpfungsmethoden erprobt werden.

1.2 Biologie und Ausbreitung des Staudenknöterichs

Der aus Ostasien stammende Japanische Staudenknöterich (*Fallopia japonica*) ist eine hochwüchsige, bis zu etwa 3 (4) m große Staude, die um das Jahr 1823 als Zierpflanze nach Europa eingeführt wurde (BAKKER & BOEVE 1985). Die Art ist ausgesprochen wuchskräftig, kann nach VOGG (1919) bis zu 15 cm, nach BÖHMER et al. (2006) sogar bis zu 30 cm am Tag wachsen und sich durch seine unterirdisch wachsenden Rhizome bis zu 2,5 m pro Jahr lateral ausbreiten (KRETZ 1994). Auch der Sachalin-Staudenknöterich stammt aus Ostasien, sein Ursprungsareal liegt etwas weiter nördlich als das des Japanischen Staudenknöterichs. Er ist mit einer Sprosslänge von bis zu 4 (5) m etwas hochwüchsiger als der Japanische Staudenknöterich (vgl. JÄGER 1995).

Die Staudenknöterich-Sippen sind in der Lage, sehr dichte, großflächige Sprosskolonien (Polykormone) zu bilden. In diesen dichten Beständen können sich kaum andere Pflanzenarten behaupten (vgl. WILSON et al. 2017). Die Vegetationszusammensetzung wird am jeweiligen Wuchsort durch dichte Staudenknöterichbestände stark verändert (vgl. Kapitel 1.3.1).

Der Japanische Staudenknöterich hat wie auch die beiden anderen Staudenknöterich-Sippen eine weite ökologische Amplitude und besiedelt in Mitteleuropa vornehmlich Bach- und Flussufer sowie Ruderalstellen und Brachen insbesondere an Straßenrändern, auf Bahndämmen, Aufschüttungen und Wegböschungen (BEERLING et al. 1994, ALBERTERNST 1998). Vorkommen in der Nähe von Siedlungen oder Parkplätzen sowie auf Erddeponien sind häufig auf Ablagerungen von Gartenabfällen oder der Einbringung rhizombelasteter Erde zurückzuführen. Nach eigenen Beobachtungen treten die Staudenknöteriche in den letzten Jahren auch verstärkt an Waldwegen auf, wohin sie wahrscheinlich mit dem Wegebaumaterial oder durch wilde Ablagerungen gelangt sind.

Die Vertreter der Gattung *Fallopia* sind diözisch, das heißt, die Gattung bildet Pflanzen mit männlichen oder weiblichen, selten auch zwittrigen Blüten aus (Bild 1). Von Japanischem Staudenknöterich sind in Deutschland bislang (fast) nur weibliche Pflanzen bekannt (vgl. BAILEY 1988, WISSKIRCHEN & HAEUPLER 1998). Die Ausbreitung der Art erfolgt in Deutschland daher hauptsächlich vegetativ. Allerdings hybridisiert der Japanische Staudenknöterich mit dem Sachalin-Staudenknöterich (*Fallopia sachalinensis*), der in Deutschland mit beiden Geschlechtern vertreten ist, zur Hybride *Fallopia x bohemica*, dem Böhmischem Staudenknöterich. Sämlinge der Hybride treten nach eigenen Untersuchungen nur relativ selten auf (ALBERTERNST 1998). Dennoch ist die Hybride, die sich ebenfalls vornehmlich vegetativ ausbreitet, in Deutschland bereits häufig vertreten, stellenweise sogar häufiger als der Japanische Staudenknöterich. Bei Bekämpfungsversuchen hat sich die Hybride als etwas wuchskräftiger erwiesen als der Japanische Staudenknöterich (ALBERTERNST 1998, BÖHMER et al. 2006, ALBERTERNST & BÖHMER 2011).

Als weiterer Kreuzungspartner kann der häufig an Lärmschutzwänden oder zur Begrünung z. B. von Pergolen und Fassaden im städtischen Bereich verwendete Schlingknöterich (*Fallopia baldschuanica*, Syn. *Polygonum baldschuanicum*) fungieren. Hybriden zwischen Schling- und Staudenknöterich sind seit 1983 in Großbritannien bekannt (BAILEY 2001). BAILEY & STACE (1992) führten Chromosomenuntersuchungen durch und fanden folgende Hybriden:

- *Fallopia sachalinensis* x *F. baldschuanica*
- (*F. japonica* var. *compacta* x *F. sachalinensis*) x *F. baldschuanica*
- *F. japonica* var. *compacta* x *F. baldschuanica*
- *F. japonica* var. *japonica* x *F. baldschuanica*



Fallopia sachalinensis (♂)



F. japonica (♀)



F. x bohemica (♂)

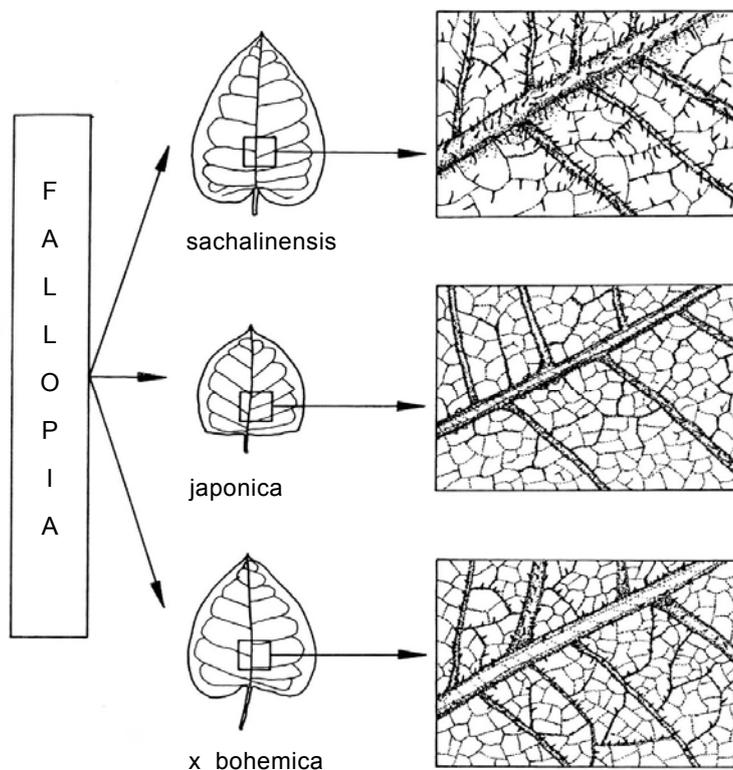


Bild 1: Morphologische Unterschiede des Japanischen, Böhmisches und Sachalin-Staudenknöterichs. Oben: Blüten (Diözie); unten: Blattform und Blattbehaarung der Blattunterseite (Zeichnung: Alberternst 1998).

Bei Keimungsversuchen mit Samen von *F. japonica*, der im Schwarzwald neben *F. baldschuanica* gewachsen ist, wurden Keimpflanzen der Hybride dieser beiden Arten gefunden (ALBERTERNST 1995). Nach Einschätzung von BAILEY (2001) und BAILEY & SPENCER (2003) tritt die Hybride *F. japonica* x *F. baldschuanica* (= *F. Conollyana*) selten im Freiland auf. GALASSO et al. (2009) schlagen als neuen Namen für diese Hybride x *Reyloppia Conollyana* (J.P. BAILEY) GALASSO vor (x *Reyloppia* = *Fallopia* Adans. X *Reynoutria* Houtt.).

In einer umfangreichen Risikobewertung des nahestehenden Himalaya-Bergknöterichs (*Aconogonon polystachyum*, ROY et al. 2018) werden Hybridisierungen des Staudenknöterichs mit dem Himalaya-Bergknöterich trotz Thematisierung nicht als Risiko aufgeführt. Hinweise auf derartige Hybriden wurden bei aktueller Recherche nicht gefunden.

Der Japanische Staudenknöterich breitet sich in Deutschland insbesondere durch Verdriftung von regenerationsfähigen Pflanzenteilen durch Fließgewässer und durch anthropogene Verschleppung von Rhizomfragmenten mit Erdmaterial für Baumaßnahmen aus. Etwa seit Mitte des 20. Jahrhunderts wird in Deutschland eine verstärkte Zunahme der Vorkommen registriert (vgl. BÖHMER et al. 2006). Nach Einschätzung von KLEINBAUER et al. (2010) wird zudem der Klimawandel die Ausbreitung der Fallopia-Sippen in Deutschland weiter begünstigen. Ohne gezielte Maßnahmen zur Verschleppungsprävention und Bekämpfung problematischer Bestände werden sich voraussichtlich sowohl Japanischer Staudenknöterich als auch Böhmischer und Sachalin-Staudenknöterich weiter in Deutschland ausbreiten.

1.3 Staudenknöterich-Problematik

Die Staudenknöterich-Sippen können durch ihr schnelles Wachstum und ihre große Wuchskraft insbesondere an voll besonnten Standorten verschiedene unerwünschte ökologische und ökonomische Auswirkungen sowie Auswirkungen auf den Verkehrsbereich und die Verkehrssicherheit haben.

1.3.1 Ökologische Auswirkungen

1.3.1.1 Gefährdung der Biodiversität

Durch den Aufbau großflächiger, dichter Bestände und seine allelopathische Wirkung kann der Staudenknöterich die standorttypische Vegetation verdrängen und damit die heimische Biodiversität gefährden (vgl. NEHRING et al. 2013; WILSON et al. 2017). Durch die Verdrängung von standorttypischen, heimischen Pflanzenarten können die an diese Pflanzen gebundenen Tierarten ihre Nahrungsgrundlagen und ihre Lebensräume verlieren. Nahrungsketten können somit verändert bzw. beeinträchtigt werden (SCHWABE & KRATOWIL 1991, MAERZ et al. 2005, GERBER 2015, CERKOWA et al. 2019).

1.3.1.2 Einschränkung des ökologischen Entwicklungspotenzials

An Straßen-, Bahn- und Uferböschungen kann durch flächige Vorkommen des Staudenknöterichs das Entwicklungspotenzial für eine arten- und strukturreiche Grünlandvegetation teilweise oder vollständig beschränkt sein, weil sich artenreiche Grünlandbestände in dichten Knöterichvorkommen nicht halten oder bei häufiger Mahd nicht entwickeln können (vgl. Bild 2). Auch junge Gehölzpflanzungen können von Knöterich überwachsen werden und sich unzureichend entwickeln.

1.3.2 Auswirkungen und Sicherheitsprobleme im Verkehrsbereich

1.3.2.1 Sichtbehinderung

An Straßenrändern und Böschungen kann der Staudenknöterich durch sein schnelles Wachstum und seine Hochwüchsigkeit die Sicht behindern, z. B. in Einmündungsbereichen (Sichtdreiecke) oder in Kurven. Bei Vorkommen im Mittelstreifen und Bankettbereich kann es sogar zu Einschränkungen des Lichtraumprofils kommen. Auch Verkehrsbeschilderungen können schnell überdeckt werden (vgl. GOVER et al. 2005, WALSER 2015).

1.3.2.2 Erhöhung des Pflegeaufwands

Der Pflegeaufwand kann sich für die Straßenbetriebsdienste massiv erhöhen, wenn starkwüchsige Knöterichbestände aus Verkehrssicherungsgründen häufiger als im Rahmen der Regelpflege gemäht/gemulcht werden müssen (z. B. vier- bis achtmal statt zweimal).



Bild 2: Dichter Staudenknöterichbestand an einer Böschung bei Nürnberg. Zur Entwicklung artenreicher Grünlandvegetation, müsste hier zunächst der Knöterich nachhaltig entfernt werden (Foto: B. Alberternst, 24.8.2011)



Bild 3: Randlich in den Straßenraum einwachsender Staudenknöterich an der L536 bei Wilhelmsfeld im Odenwald (Foto: B. Alberternst, 16.5.2022)

Für den Straßen-, Bahn- und Gewässerunterhaltungsdienst verursachen vor allem großflächige Bestände einen erhöhten Pflegeaufwand. Die Kosten für Managementmaßnahmen bei allen Staudenknöterich-Arten werden hoch eingestuft (vgl. REINHARDT et al. 2003, Land Steiermark (o. J.), s. a. Kapitel 1.3.3 mit Ausführungen zu Kosten).

1.3.2.3 Schäden an Bauwerken

Der Staudenknöterich kann durch Unterwachsen oder Einwachsen in Risse und Fugen Schäden an Kanalisationen, Straßenbelägen, Stütz- und Schutzmauern, Gebäuden und anderen Bauwerken (z. B. Brücken) verursachen und sogar Asphaltdecken von bis zu 5 cm Mächtigkeit durchwachsen (BÖHMER et al. 2006). Die in Sprossnähe bis zu 10 cm dicken Rhizome können in schmalste Ritzen eindringen und diese durch ihr sekundäres Dickenwachstum aufweiten oder sprengen (Baudirektion Kanton Zürich 2010, Land Steiermark (o. J.), vgl. Bild 4).



Bild 4: Staudenknöterich wächst zwischen Pflasterfugen am Rand einer Stützmauer. Steine können durch die Rhizome gelockert werden, der Pflegeaufwand zum Freihalten der Fläche wird erhöht (Foto: B. Alberternst, Rhöndorf 25.4.2010)

1.3.2.4 Uferschäden und Erosion

Durch die Verdrängung anderer Pflanzenarten und das komplette oberflächliche Rückfrieren der Staudenknöteriche über die Wintermonate kann insbesondere an Gewässern mit großer Hochwasserdynamik die Uferstabilität und damit die erforderliche Schutzfunktion durch Dominanzbestände der Staudenknöteriche beeinträchtigt werden. Das kann wegen der erforderlichen Sanierung und Instandhaltung zu hohen Kosten führen (KRETZ 1994, REINHARDT et al. 2003). Auch auf größeren, steileren Böschungen an Straßen- und Eisenbahnböschungen mit deutlichem Besatz an Staudenknöterich kann durch das Fehlen einer lebenden Vegetationsdecke in den Wintermonaten eine Oberflächenerosion gefördert werden.

1.3.2.5 Einwachsen ins Eisenbahngleisnetz

Einwachsen von Staudenknöterich direkt ins Gleisbett kann den Schienenverkehr beeinträchtigen und den Pflegeaufwand erhöhen (BOLLENS 2005, vgl. Bild 5).



Bild 5: Eine dichte „Wand“ aus Staudenknöterich säumt die Eisenbahnschienen bei Kleinwallstadt (Foto: B. Alberternst, 6.9.2022). Das Einwachsen des Staudenknöterichs ins Gleisnetz muss zur Freihaltung der Gleise unterbunden werden

1.3.3 Ökonomische Auswirkungen

Neben dem erhöhten Aufwand für die intensivere Pflege inklusive der erforderlichen Verkehrssicherungsmaßnahmen durch Staudenknöteriche im Verkehrsbegleitgrün verursachen zunehmend die verschiedenen Bekämpfungsmaßnahmen und zum Teil auch der strategische Umgang (Planung, Prävention, Vorsichtsmaßnahmen, Wertminderung etc.) mit dieser Gattung erhebliche Kosten.

1.3.3.1 Gesamtökonomische Betrachtung – Beispiel Großbritannien

Zur Bekämpfung von Vorkommen der Staudenknöteriche liegen insbesondere aus Großbritannien schon seit geraumer Zeit Erfahrungen vor. So haben sich dort verschiedene Betriebe auf die Bekämpfung und Entfernung des Staudenknöterichs spezialisiert. Hintergrund ist, dass in Großbritannien Grundstücksbesitzer/-bewirtschafter eine Ausbreitung des Staudenknöterichs auf fremde Grundstücke verhindern müssen. Es besteht hier zwar keine gesetzliche Verpflichtung, die Pflanzen vom eigenen Grundstück zu entfernen, sollte sich Staudenknöterich aber in die freie Landschaft oder auf angrenzende Grundstücke ausbreiten, kann dies strafrechtlich verfolgt werden (Environment Agency, Department for Environment, Food & Rural Affairs and Natural England (2016)).

In Großbritannien kann der Wert eines Hauses durch Vorkommen von Staudenknöterich auf dem Grundstück beträchtlich beeinträchtigt werden. Beim Verkauf eines Hauses werden vom Käufer daher gegebenenfalls Garantien verlangt, dass kein Staudenknöterich auf dem Grundstück vorkommt bzw. vormalige Vorkommen professionell beseitigt wurden (Checktrade). Nach derselben Quelle kann ein Hypothekenkredit vom Kreditgeber

abgelehnt werden, wenn sich Staudenknöterich auf dem zu beleihenden Grundstück befindet. Weitere Autoren (WILLIAMS et al. 2010) berichten von einem Kreditgeber, der eine Hypothek selbst dann verweigert, wenn Staudenknöterich auf einem Nachbargrundstück wächst. Einige Fachfirmen in Großbritannien offerieren daher auch nach Beseitigungsmaßnahmen eine Garantie über optional 5, 10 oder sogar 35 Jahre, dass Staudenknöterich durch die Firma sicher entfernt wurde bzw. Wiederaufwuchs beseitigt wird (Japanese Knotweed Specialists (o.J.)).

WILLIAMS et al. (2010) haben die wirtschaftlichen Kosten nichtheimischer Arten in Großbritannien berechnet und in ihrer Studie auch umfangreiche Kostenschätzungen für die Staudenknöterichsippn vorgenommen. An jährlichen Gesamtkosten nennen WILLIAMS et al. (2010) rund 166 Millionen Pfund. Diese werden differenziert in Kosten für lokale Behörden, die Forschung, Maßnahmen gegen Staudenknöterich an Eisenbahnschienen, Straßenrändern und Flussufern, den Wertrückgang von Häusern und Grundstücken, die Aufwendungen für Privathaushalte für Bekämpfungsmaßnahmen und mit dem größten Anteil die zusätzlichen Aufwendungen bei der Planung, Entwicklung und Umsetzung von Bauprojekten, wenn Staudenknöterich auf den betroffenen Grundstücken vorkommt (siehe Tabelle 1).

Sektor	Erläuterung zur Kostenermittlung (auf Basis der Beschreibungen in der Studie)	Jährliche Kosten in Großbritannien (England, Wales, Schottland)
Lokale Behörden	Kosten für Knöterichmanagement auf kommunalen Flächen, Bürgerberatung zum Umgang mit Staudenknöterich/Personalkosten	£432.000
Forschung	Finanzierung von Forschungsprojekten zum Thema Management von Staudenknöterich	£ 370.000
Eisenbahn	Direkte Kosten für Vegetationsmanagement, aufgeschobene Arbeiten durch Einschränkungen bei Bewegung kontaminierten Schotter, volkswirtschaftliche Kosten durch verringerte Fahrgeschwindigkeiten, verstärkte Flächenkontrollen bei Tageslicht (bei höchstem Zugverkehr, Zusatzkosten für Sicherheitsvorkehrungen)	£ 2.000.000
Straßenränder	Schätzung Bekämpfungskosten/km für Fern- und Nebenstraßen, Hochrechnung auf Länge des Straßennetzes, Zusatzkosten für Maßnahmen gegen Staudenknöterich bei Straßenneubau	£ 5.096.000
Uferlebensräume	Abschätzung mittlere Befallsrate der Flüsse, multipliziert mit Kostenschätzwert/m ² (Annahme 2 m breiter Bestand, Kostenangabe nur für <u>chemische</u> Bekämpfung!)	£ 5.637.000
Hausentwertung	Abschätzung über Anzahl Grundstücke mit Knöterich u. Abschätzung Anzahl Hausverkäufe/Jahr; Abwertung Grundstückswert/gestiegene Hypothekenzinsen wenn Knöterich vorkommt, Hochrechnung Verluste	£ 1.116.000
Bauentwicklungsflächen	Kosten für zusätzliche Maßnahmen für Knöterichbekämpfung im Zuge von Baumaßnahmen, Abschätzung über Anzahl Bauflächen (Bauanträge), Abschätzung Befallsrate, Multiplikation mit geschätzten Bekämpfungskosten, Berücksichtigung Kosten für Rechtsberatung, Zeitaufwand/Kommunikationszeiten mit Stakeholdern	£ 150.510.000
Hausbesitzer	Bekämpfungskosten durch Privathaushalte	£ 448.000
Gesamtkosten/Jahr in GB		£ 165.609.000

Tab. 1: Schätzung der jährlichen Kosten für den Umgang und die Kontrolle von Staudenknöterichen in Großbritannien (Quelle: WILLIAMS et al. 2010, verändert)

Allein für die Bekämpfungen an Straßen werden bei WILLIAMS et al. (2010) jährliche Kosten von ca. 5 Millionen Pfund genannt (Tabelle 2). Diese groben Hochrechnungen beziehen sich auf die Zeit vor 2010 und das gesamte britische Straßennetz mit einer damaligen Länge von ca. 394.000 km Länge.

Das deutsche Straßennetz umfasste bis Ende 2022 zum Vergleich ca. 630.000 km, davon 229.600 km überörtliche Straßen (Statistisches Bundesamt 2023), und ist damit rund 1,6mal so lang wie in Großbritannien. Unbekannt ist allerdings, wie groß der Befallsgrad für Deutschland absolut und in Relation zu den Verhältnissen in Großbritannien ist.

Straßentyp	Erläuterung zur Kostenermittlung (auf Basis der Studie)	Jährliche Kosten in Großbritannien (England, Wales, Schottland)
Fernstraßen	50.249 km	-
Sonstige Straßen	344.216 km	-
Fernstraßen (£ 4.32/km)	Kostenschätzung aufgrund von Angaben der „Highways Agency“, Umrechnung auf Straßenkilometer für Fernstraßen	£ 217.076
Sonstige Straßen (£ 8.67/km)	Kostenschätzung auf Basis der Angaben des „Hampshire County Council“ für sonstige Straßen, höhere Kosten bei Nebenstraßen durch mehr Störungen, verstärkte illegale Müllablagerung mit Risiko der Knötericheinschleppung	£ 2.984.353
Straßenneubau	Grobe Schätzung, nach der jährlich 10 Straßenbaustellen in GB vom Japanischen Staudenknöterich betroffen sind; Annahme von mindestens 150.000 £ Zusatzkosten/Baustelle	£ 1.500.000
Gesamtkosten/Jahr in GB		£ 5.095.894

Tab. 2: Schätzung der jährlichen Kosten für die Bekämpfung und Kontrolle von Staudenknöterichen im Straßennetz von Großbritannien (Quelle: WILLIAMS et al. 2010)

1.3.3.2 Kosten für einzelne Bekämpfungsmaßnahmen – Beispiel Großbritannien

Die Kosten für spezifische Bekämpfungsmaßnahmen zur Entfernung des Staudenknöterichs hängen im Einzelfall von verschiedenen Faktoren ab. In Großbritannien gibt es Plattformen zur Vermittlung und Bewertung von Handwerker- bzw. Dienstleistungen (z. B. „checktrade“, „HomeHow“; vgl. Quellenangaben), auf denen in umfangreichen Internetauftritten ein entsprechender Kostenrahmen zur Beseitigung von Staudenknöterich aufschlüsselt wird. Hier wird auch aufgeführt, welche Faktoren den Aufwand und damit die Kosten für die Beseitigung von Staudenknöterich beeinflussen.

Dies sind im Einzelnen:

- Größe des Staudenknöterichbestands bzw. Anzahl der Vorkommen pro Fläche
- Ausmaß des Rhizomsystems, Alter des Bestands, Durchwurzelung (bis ca. 3 m Tiefe)
- Flächentyp bzw. Wuchsort des Knöterichs, sonstiger Vegetationsbestand auf der Fläche
- Zugänglichkeit zur Fläche
- Besitzverhältnisse/Abstimmungsaufwand
- Notwendigkeit zum Abtransport der Rhizome bzw. Möglichkeit zum Verbleib auf der Fläche
- Bekämpfungsmethode, Anzahl erforderliche Arbeitskräfte, Häufigkeit
- Kosten für die Entsorgung der Rhizome

Insbesondere der Flächentyp (z. B. Ruderalfläche, Garten, Baugrundstück, Flussufer usw.) und der auf der Fläche vorkommende Vegetationsbestand (Anteil Sträucher/Bäume) beeinflussen die Wahl der Bekämpfungsmethode maßgeblich. So kann es beispielsweise Schwierigkeiten bereiten, Staudenknöterichrhizome und Wurzeln von Bäumen im Boden zu trennen, ohne die Baumwurzeln zu schädigen. In Übereinstimmung mit eigenen Erfahrungen im vorliegenden Projekt können an steilen Ufer-, Bahn- oder Straßenböschungen Methoden aufgrund der Gefahr von Böschungsschäden aus der Betrachtung fallen, die beispielsweise auf ebenen Ruderalflächen umsetzbar wären (z. B. tiefes Abgraben). Können Knöterichrhizome auf einer Bekämpfungsfläche belassen werden, entfallen teure Entsorgungskosten für das belastete Rhizom-/Erdmaterial. Auch die Zugänglichkeit der Flächen beeinflusst die Wahl der Bekämpfungsmethode und hat damit Einfluss auf die Kosten. Nicht zuletzt fallen auch für die unterschiedlichen Bekämpfungsmethoden unterschiedlich hohe Kosten im zeitlichen Verlauf an.

Von britischen Firmen werden aufgrund der Bandbreite der Staudenknöterichwuchs-orte und der unterschiedlichen Bestandsgrößen meist Preisspannen für verschiedene Bekämpfungsmethoden angegeben. In der Regel muss sich der betroffene Flächeneigentümer ein auf seine jeweilige Situation zugeschnittenes Angebot für die Beseitigung des Staudenknöterichs vom Anbieter erstellen lassen. Bei der englischen Verbraucherplattform Checkatrade werden die Kostenrahmen für verschiedene Bekämpfungsmethoden je Projekt bzw. bezogen auf eine bestimmte Flächengröße angegeben (siehe Tabelle 3).

Maßnahme	Spanne der Kosten für „Projekte“	Durchschnittskosten
Herbizidbehandlung (<49 m ²)	£ 950 – £ 2.950	£ 1.750
Vollständiges Ausgrabung & Entfernung (<49 m ²)	£ 4.000 – £ 20.000	£ 6.500
Sieben und Aussortieren der Rhizome (< 49 m ²)	£ 1.750 – £ 4.950	£ 3.350
Aushub und Einbau von Wurzelschutz (< 49 m ²)	£ 1.750 – £ 4.950	£ 3.350
Ausgrabung, Verbleib vor Ort und laufende Herbizidbehandlung (< 49 m ²)	£ 4.000 – £ 20.000	£ 6.500
Vergrabung vor Ort (< 49 m ²)	£ 4.000 – £ 14.950	£ 9.475

Tab. 3: Kostenrahmen für Beseitigungsmaßnahmen gegen Ostasiatische Staudenknöterichsipp in Großbritannien für „ein Projekt“ nach „checkatrade“ (<https://www.checkatrade.com/blog/cost-guides/cost-removing-japanese-knotweed/>)

Eine weitere, britische Internetseite nennt Preise für Beseitigungsmaßnahmen gestaffelt nach der Flächengröße („Phlorum“, BECKETT & SCHOFIELD o.J.). Dabei fällt auf, dass bei größeren Beständen schnell auch Bekämpfungskosten im fünf- bis sechststelligen Bereich auftreten können. So werden hier für die Beseitigung eines großen Bestands (100 bis 500 m²) für „Aushub und Einbau eines Wurzelschutzes“ und „Sieben und Aussortieren der Rhizome“ jeweils zwischen £15.000 und £40.000 oder für „Ausgraben und Entsorgung“ der Rhizome zwischen £35.000 und £120.000 angegeben.

1.3.3.3 Kosten für einzelne Bekämpfungsmaßnahmen – Beispiel Niederlande

Eine umfangreiche Risikobewertung zu den ökonomischen und ökologischen Auswirkungen der Staudenknöterichsippen wurde in den Niederlanden von BERINGEN et al. (2019) durchgeführt. In dieser Literaturstudie wurden Informationen zu den drei Staudenknöterichsippen *Fallopia japonica*, *F. sachalinensis* und *F. x bohemica* sowie für den Himalaja-Bergknöterich (*Aconogonon polystachyum*) zusammengetragen. Der Himalaja-Bergknöterich, der hier gemeinsam mit den *Fallopia*-Sippen behandelt wird, tritt auch bereits in Deutschland auf und zeigt ein ähnliches Wuchsverhalten wie die vorgenannten Arten (vgl. ALBERTERNST 1995).

BERINGEN et al. (2019) weisen auf eine niederländische Studie hin, die sich über einen Zeitraum von vier Jahren mit verschiedenen Bekämpfungsmethoden, deren Maßnahmen-erfolg und den Kosten auseinandersetzt (OLDENBURGER et al. 2017). Nach Einschätzung von OLDENBURGER et al. (2017) können Kostenunterschiede auch durch eine unterschiedliche Ausgangssituation bezüglich der Stängeldichte in den Knöterichbeständen verursacht werden. Sie weisen zudem darauf hin, dass Maßnahmen über vier Vegetationsperioden in den meisten Fällen nicht ausreichen, um den Staudenknöterich zu beseitigen. Daher wurden einmalig teure Maßnahmen (z. B. Abdecken mit Vlies, Bodenaushub) und weniger teure, aber über längere Zeit wiederkehrende Maßnahmen wie z. B. manuelle Extraktion oder häufiges Mähen im mehrjährigen Vergleich gegenübergestellt (Durchschnittliche Kosten pro Jahr für je 100 m²). Je länger eine Bekämpfung andauert beziehungsweise je öfter die einzelne Maßnahme durchgeführt werden muss, umso günstiger können in der Gesamtbilanz teure „Einmal“-Maßnahmen abschneiden. So zeigten die teuren Einzelmaßnahmen nach vier Jahren in der Regel noch einen höheren Kostenaufwand als die wiederkehrenden Maßnahmen, bei dem Ansatz einer achtjährigen Behandlungszeit hatten sich die Kostenverhältnisse dann oft umgekehrt (OLDENBURGER et al. 2017).

1.4 Rechtliche Regelungen

1.4.1 Internationale und europäische Übereinkommen und Verordnungen

Zum Schutz einheimischer Tier- und Pflanzenarten vor negativen Auswirkungen durch gebietsfremde Arten gibt es internationale Verträge sowie europäische und nationale rechtliche Regelungen. So wurde im Übereinkommen über die Biologische Vielfalt (CBD) bereits im Jahr 1992 in §8h für invasive Arten ein Konzept zur Ausbreitungsprävention und Bestandsregulierung entwickelt und ein solcher Umgang mit invasiven Arten als Ziel und Aufgabe des Naturschutzes völkerrechtlich festgeschrieben. Im Jahre 2000 verpflichteten sich die Unterzeichnerstaaten mit der Entscheidung V/8(6) zur Entwicklung entsprechender nationaler Strategien (BfN 2023A).

Im Jahr 2003 wurde im Rahmen der Berner Konvention (= Übereinkommen über die Erhaltung der europäischen wildlebenden Pflanzen und Tiere und ihrer natürlichen Lebensräume) die Europäische Strategie zum Umgang mit invasiven gebietsfremden Arten erarbeitet und diese im Jahr 2004 vom Europarat veröffentlicht (BfN 2023A). Die Berner Konvention (vgl. Council of Europe 1979) ist ein erstmals 1979 in Bern verabschiedeter völkerrechtlicher Vertrag des Europarates zum Schutz europäischer, wildlebender Tiere und Pflanzen, dem bisher 51 Staaten inklusive der EU, beigetreten sind (Stand Juli 2020). Ziel dieses Übereinkommens sind der Schutz wildlebender Pflanzen und Tiere sowie ihrer natürlichen Lebensräume und die Förderung der Zusammenarbeit verschiedener Staaten (BMUV 2023).

Am 1.1.2015 ist die „Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über die Prävention und das Management der Einbringung und Ausbreitung invasiver gebietsfremder Arten“ in Kraft getreten. Diese Verordnung sieht ein gestuftes System von Prävention, Früherkennung und sofortiger Beseitigung sowie Managementmaßnahmen bei bereits weit verbreiteten Arten vor (KIEß 2018). Die Vorgaben beziehen sich auf den Umgang mit Tier- und Pflanzenarten, die auf der Liste gebietsfremder Arten von unionsweiter Bedeutung („Unionsliste“) aufgeführt sind. Die erste Unionsliste wurde 2016 veröffentlicht, Listenerweiterungen erfolgten 2017, 2019 und 2022. Aktuell sind 88 invasive Tier- und Pflanzenarten gelistet von denen 46 wildlebend in Deutschland vorkommen (BFN 2023B).

Die Fallopia-Sippen (*F. japonica*, *F. sachalinensis*, *F. x bohemica*) sind nicht auf der Unionsliste geführt.

Jedoch befindet sich der mit den behandelten Staudenknöterichen verwandte und vom Habitus nahestehende Himalaja-Bergknöterich (*Aconogonon polystachyum*) auf der Unionsliste (s. folgenden Hinweiskasten und Bild 6).

Der Himalaja-Bergknöterich (*Aconogonon polystachyum*, Synonyme: *Koenigia polystachya*, *Polygonum polystachyum* nach HAND et al. 2023) oder Flieder-Knöterich, der ähnliches Wuchsverhalten wie die Fallopia-Sippen zeigt und in Deutschland noch recht selten auftritt, wurde am 02.08.2022 in die Unionsliste aufgenommen. Auch diese Art kann dichte, hochwüchsige Bestände bilden und ebenfalls im Straßenbegleitgrün auftreten. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, auch auf Bestände dieser Art im Straßenraum zu achten und etwaige Vorkommen umgehend zu entfernen.

Im Vergleich zu den hier behandelten Staudenknöterichen der Gattung Fallopia verfügt der Himalaja-Bergknöterich über deutlich schmalere, breit lanzettliche Blätter und bleibt mit etwa 2 m Sprosslänge etwas kleiner als die Fallopia-Sippen. Weiterhin sind auch die älteren Sprosse mit den blühenden Rispen steil aufrecht und nicht überhängend ausgebildet.

Bild 6 zeigt oben einen Bestand von *Aconogonon polystachyum*, der hier neben Fallopia japonica wächst. Die Aufnahme stammt vom Juni 2015 aus dem hessischen Teil des Odenwaldes. Das untere Foto vom Juni 2022 aus Mittelfranken zeigt den Himalaja-Bergknöterich im blühenden Zustand im Wegsaum neben einem Gartengelände. Gut ist der aufrechte Wuchs des Blütenstandes zu erkennen.



Bild 6: Der Himalaja-Bergknöterich im vegetativen Zustand (oben, vor *Fallopia japonica*, Foto: B. Albert-ernst) und im blühenden Zustand (unten, Foto: C. Bühringer, Baader Konzept)

1.4.2 Bestimmungen nach §§ 40a – 40f Bundesnaturschutzgesetz

Zur Umsetzung der europäischen Richtlinie in nationales Recht trat am 9. September 2017 das Gesetz zur Durchführung der Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 über invasive Arten in Kraft. Regelungen zu invasiven Arten werden in Deutschland im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) in den §§ 40ff getroffen und die bisherigen Regelungen zum Umgang mit invasiven Arten wurden hier entsprechend angepasst. Die Handlungspflichten in Bezug auf invasive Arten, die sich aus der Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 ergeben, sind in § 40a bis § 40f getroffen und für alle Arten maßgeblich, die auf der Unionsliste stehen.

Nach Begriffsbestimmung unter §7 BNatSchG ist unter einer invasiven Art „eine invasive gebietsfremde Art im Sinne des Artikels 3 Nummer 2 der Verordnung (EU) Nr. 1143/2014“ zu verstehen, das heißt eine Art

- a) die auf der Unionsliste aufgeführt ist,
- b) für die Dringlichkeitsmaßnahmen nach Artikel 10 Absatz 4 oder für die Durchführungsrechtsakte nach Artikel 11 Absatz 2 Satz 2 der Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 in Kraft sind, soweit die Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 nach den genannten Rechtsvorschriften anwendbar ist oder
- c) die in einer Rechtsverordnung nach § 54 Absatz 4 Satz 1 Nummer 1 oder Nummer 3 aufgeführt ist.

Nach SCHUMACHER & SCHUMACHER (2020) kann das Bundesumweltministerium per Rechtsverordnung weitere, nicht auf der Unionsliste aufgeführte Arten bestimmen, für die die §§ 40a bis 40f anzuwenden sind. Bislang gibt es keine ergänzende Artenliste für Deutschland.

1.4.3 Bestimmungen nach § 40 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)

Gebietsfremde Arten, die nicht den Regelungen der EU-Verordnung unterliegen, fallen in Deutschland unter die Bestimmungen des § 40 BNatSchG (SCHUMACHER & SCHUMACHER 2020). Nach § 40 Abs. 1 Satz 1 BNatSchG ist für das „Ausbringen von Pflanzen in der freien Natur, deren Art in dem betreffenden Gebiet in freier Natur nicht oder seit mehr als 100 Jahren nicht mehr vorkommt, sowie von Tieren“ eine Genehmigung der zuständigen Behörde erforderlich. Die Genehmigung ist zu versagen, wenn eine Gefährdung von Ökosystemen, Biotopen oder Arten der Mitgliedstaaten nicht auszuschließen ist (§ 40 Abs. 1 Satz 3 BNatSchG). Ein Ausbringen ohne Genehmigung stellt eine Ordnungswidrigkeit nach § 69 Abs. 3 Nr. 17 BNatSchG dar und kann mit einer Geldbuße bis zu 10.000 € geahndet werden (SCHUMACHER & SCHUMACHER 2020).

Nach SCHUMACHER & SCHUMACHER (2020) sind unter „Ausbringen“ alle Handlungen zu verstehen, die dazu führen, dass Tiere oder Pflanzen in den Freiraum außerhalb von Gebäuden überführt werden. Dabei umfasst der Begriff nach ihrer Einschätzung sowohl das aktive und daher vorsätzliche Ausbringen als auch fahrlässige Handlungen, die zu einer Freisetzung führen.

Vom Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV; BATTEFELD 25.8.2020) wurden Hinweise zur Umsetzung des §40 BNatSchG an die Naturschutzbehörden in Hessen versandt. Hier heißt es zu §40 Abs. 1 Satz 1 BNatSchG: „Ausbringung setzt eine bewusste Entlassung in die freie Natur und ein anschließendes sich selbst überlassen voraus, so dass das eigenständige Einwandern von Arten keiner Zulassung bedarf“.

Vor dem Hintergrund dieser Beschreibungen stellt sich die Frage, ob eine Verschleppung von Fallopia-Rhizomen mit Erde z. B. bei Baumaßnahmen ein vorsätzliches Ausbringen bzw. eine fahrlässige Handlung oder aber keine bewusste Entlassung in die freie Natur darstellen (z. B. wenn Staudenknöterichpflanzen am Entnahmeort, beim Transport oder beim Einbau oberirdisch sichtbar sind). Zudem wäre im Einzelfall zu klären, ob die Einbringungsfläche zur „freien Natur“ zu zählen ist, was jedoch bei Verkehrsbegleitgrün außerhalb von Siedlungsgebieten in der Regel der Fall ist (BFN 2023C).

Grundsätzlich gibt das Bundesnaturschutzgesetz in §40 (3) BNatSchG vor, dass die zuständige Behörde anordnen kann, dass ungenehmigt ausgebrachte Tiere und Pflanzen oder sich unbeabsichtigt in der freien Natur ausbreitende Pflanzen sowie dorthin entkommene Tiere beseitigt werden, soweit es zur Abwehr einer Gefährdung von Ökosystemen, Biotopen oder Arten erforderlich ist.

1.4.4 Blick in die Niederlande – Handelsverbot für Asiatischen Staudenknöterich ab 2022

In den Niederlanden gilt ab dem 1. Januar 2022 ein nationales Verkaufsverbot für Asiatischen Staudenknöterich (PROBOS 2023). Ziel der Maßnahme ist, die Einschleppung und Ausbreitung in der Umwelt durch den Handel zu begrenzen. Das Verbot betrifft Japanischen Staudenknöterich (*Fallopia japonica* einschließlich *Fallopia japonica* var. *compacta*), Sachalin-Staudenknöterich (*Fallopia sachalinensis*) und Bastard-Staudenknöterich (*Fallopia x bohemica*).

Das Handelsverbot für asiatischen Staudenknöterich gilt hier auch für kontaminierte Böden. In der Naturschutzverordnung der Niederlande (und damit im Naturschutzgesetz, ab 2023 Umwelt- und Raumordnungsgesetz) wird der Besitz bzw. ein Besitz, Transport oder das Anbieten zum Transport (von Teilen invasiver Exoten) ausdrücklich als Handel angesehen. Angesichts dieser weiten Definition macht es keinen Unterschied, ob es sich um die oberirdischen Teile des Knöterichs oder um die Teile des Knöterichs in einer transportierten Erdpartie handelt. Das bedeutet, dass der Bodentransport mit (lebensfähigen Teilen von) Asiatischem Staudenknöterich verboten ist, es sei denn, es gilt eine Ausnahmeregelung. Eine Ausnahme gilt, wenn es sich um nichtgewerbliche Zwecke handelt, wenn sie im Rahmen der Tilgung, Bekämpfung oder Bewirtschaftung von entsprechenden Beständen erfolgt und sofern keine weitere Ausbreitung oder Einbringung in die Umwelt erfolgt. Darüber hinaus besteht eine Ausnahmeregelung für den Handel oder Besitz toter Teile oder toter Produkte des asiatischen Staudenknöterichs (PROBOS 2023).

1.5 Projektziele und Arbeitsschritte

Gesamtziel des Projekts war es, Empfehlungen und Maßnahmenvorschläge zu erarbeiten, die maßgeblich dazu beitragen, eine Einschleppung von Staudenknöterich auf Flächen im Straßenbegleitgrün zu verhindern, problematische Bestände des Staudenknöterichs im Verkehrsbegleitgrün zu definieren und effektiv zu reduzieren oder zu beseitigen und eine weitere Ausbreitung der Staudenknöterich-Sippen im Verkehrssektor zu verhindern.

Das Gesamtziel sollte mittels folgender Arbeitsschritte erreicht werden:

- a) Zusammenstellung und Bewertung vorhandener Methoden für die Bekämpfung von Staudenknöterichen
- b) Priorisierung von Bekämpfungsmaßnahmen auf Verkehrsbegleitgrün an verschiedenen Standorten
- c) Ableitung neuer methodischer Ansätze/Kombinationen für Bekämpfungsmaßnahmen im Straßenbegleitgrün
- d) Zusammenstellung von Vorgaben zur Vermeidung der Ausbreitung durch Bodenmaterial (Prävention)
- e) Praxistests ausgewählter Bekämpfungsmethoden (Durchführung von In situ-Studien)
- f) Ausarbeitung von Empfehlungen zum Umgang mit Staudenknöterich im Verkehrsbegleitgrün

Die Arbeitsschritte werden im Folgenden kurz vorgestellt.

a) Zusammenstellung und Bewertung vorhandener Methoden für die Bekämpfung von Staudenknöterichen

Aufbauend auf bisherigen Erfahrungen und der Auswertung einer umfangreichen Literatursammlung über asiatische Staudenknöteriche erfolgten weitere Recherchen auf einschlägigen Internetseiten und in der aktuellen wissenschaftlichen Fachliteratur zu Bekämpfungsmethoden gegen den Staudenknöterich. Der Fokus wurde dabei auf Bekämpfungsmaßnahmen gelegt, die potenziell auf verkehrsbegleitenden Flächen im Straßenraum angewandt werden können. Weiterhin wurden Maßnahmen zur nachgelagerten Behandlung von mit Rhizomen belastetem Erdmaterial oder von mit austriebsfähigen Sprossen belastetem Mähgut vorgestellt.

Ergänzend fanden auch Recherchen zu Kontrollmaßnahmen gegen Staudenknöterich in den Bereichen Schiene und Wasserstraße statt.

Die Bekämpfung von asiatischen Staudenknöterichen ist inzwischen in mehreren europäischen Ländern ein bedeutendes Thema und es finden dazu auch oft in Bereichen abseits der Verkehrswege Maßnahmen und Versuche statt. So sind z. B. auch immer wieder Mitarbeiter aus Naturschutzbehörden, Forstverwaltung und Wasserwirtschaft mit bestandsregulierenden Maßnahmen zum Staudenknöterich betraut. Deren Erfahrungen werden meist nicht oder nur in grauer Literatur publiziert. Da von diesem Personenkreis wertvolle Erkenntnisse zu erwarten sind, wurden ergänzend zur obengenannten Recherchearbeit auch ausgewählte Akteure mit spezifischen Erfahrungen aus der Bekämpfung von Staudenknöterich befragt und beispielhaft Bekämpfungsflächen vor Ort aufgesucht.

Die ermittelten Methoden wurden zusammengestellt und beschrieben. Auf Basis eines Kriterienkatalogs erfolgte eine Einordnung und Bewertung in Hinsicht auf eine Anwendbarkeit der Methoden auf Straßenbegleitflächen bzw. im Nahbereich von Verkehrsinfrastrukturen. Die Praktikabilität der Bekämpfungsmethoden, deren Eignung für bestimmte Bestandstypen und Bestandsalter sowie die erforderliche Zugänglichkeit der Bestände und der zu erwartende Bekämpfungserfolg wurden bei der Einordnung berücksichtigt.

b) Priorisierung von Bekämpfungsmaßnahmen auf Verkehrsbegleitgrün an verschiedenen Standorten

Nicht jedes Vorkommen eines Staudenknöterichs an Verkehrswegen stellt ein konkretes Problem in Bezug auf Verkehrssicherheit, Bauwerkschäden oder die Biodiversität dar. Bestandsregulierende Maßnahmen sind daher prioritär dort erforderlich, wo Bestände des Staudenknöterichs in Bezug auf das Nutzungsziel bzw. die Funktion der betroffenen Fläche aktuell problematisch sind oder dies auf absehbare Zeit werden können (z. B. in Hinsicht auf die Gewährleistung der Verkehrssicherheit oder eine Reduzierung/Deckelung des Pflegeaufwandes). Ein weiterer Gesichtspunkt bei Staudenknöterichen ist auch die theoretische Bekämpfbarkeit der Bestände. Hier sind Kriterien wie Alter, Umfang und Intensität der Ausbreitung sowie Erreichbarkeit und Bearbeitungsmöglichkeiten der Flächen, also letztendlich das zu erwartende Kosten-Nutzen-Verhältnis, zu beachten.

Aus der Vielzahl der Staudenknöterich-Vorkommen sind also die Bestände zu ermitteln und in ihrer Dringlichkeit einzustufen, gegen die Maßnahmen zur Minderung unerwünschter Auswirkungen von Staudenknöterichbeständen ein besonderes Erfordernis aufweisen und eine Bekämpfung bei Einsatz der verfügbaren Mittel möglichst erfolgversprechend ist. Maßnahmen sollten bei den Beständen mit höchster Priorität beginnen.

Es wurden entsprechende Bewertungskriterien ermittelt und eingeordnet, anhand derer eine Priorisierung von Bekämpfungsmaßnahmen auf der Fläche in der Betriebspraxis erfolgen kann. Ein praxisorientiertes Bewertungsverfahren soll den Betriebsdiensten helfen, die Priorisierung von Bekämpfungsmaßnahmen vorzunehmen. Ein solches Verfahren mit entsprechenden Kriterien wurde konzipiert.

c) Ableitung neuer methodischer Ansätze/Kombinationen für Bekämpfungsmaßnahmen im Straßenbegleitgrün

Seit Beginn der 1990er Jahre wurden verstärkt Methoden zur Bekämpfung des Japanischen Staudenknöterichs erprobt (z. B. KRETZ 1994, WALSER 1995, 2015, ALBERTERNST 1995, CHILD & WADE 2000, MCHUGH 2006, MICHELI et al. 2006). Der Fokus der Untersuchungen lag dabei häufig auf der Bekämpfung von Staudenknöterich-Vorkommen an Gewässerufeln oder auf Bahngelände (BOLLENS 2005). Die Anforderungen an straßenbegleitenden Grünflächen unterliegen oft anderen Bedingungen als an Gewässerrändern oder Eisenbahnschienen, weshalb für den Verkehrsträger Straße zugeschnittene Methoden erforderlich sind (z. B. Eignung für typische Bestandsstrukturen und Situationen im Straßenbegleitgrün, Anforderungen an Zugänglichkeit und erforderliche Verkehrssicherung).

Als ein Ergebnis des Projektes wurden für verschiedene Standort- und Bedarfssituationen im Straßenbegleitgrün geeignete Verfahren zur Bekämpfung von Staudenknöterichen abgeleitet und beschrieben. Dies erfolgte auf Basis

- der Zusammenstellung bekannter bzw. neu recherchierter Bekämpfungsverfahren und deren Einordnung und Bewertung bezüglich einer Anwendung im Straßenbegleitgrün,
- der konkreten Ausarbeitung von Versuchsdesigns inklusive Ausschreibungen, Kostenschätzungen und Verhandlungen mit den ausführenden Firmen,
- der Erfahrungen aus den ersten Jahren der Praxisanwendung ausgewählter Bekämpfungsmethoden,
- der Feedbacks im Projekt aus den involvierten Institutionen (z. B. Straßenmeistereien) sowie Experten aus der Wissenschaft und Behörden.

Die neuen Ansätze können z. B. Weiterentwicklungen, Kombinationen oder spezifische Konkretisierungen schon beschriebener oder in anderem Kontext angewandter Methoden sein.

d) Zusammenstellung von Vorgaben zur Vermeidung der Ausbreitung durch Bodenmaterial (Prävention)

Eine unbeabsichtigte Verschleppung von Rhizomen des Staudenknöterichs in Bodenmaterial stellt den bedeutendsten Ausbreitungsweg für die Staudenknöteriche im Straßenraum dar. Daher kommt der Ausbreitungsprävention über diesen Pfad sehr große Bedeutung zu. Im Rahmen des Projekts wurden daher Konzepte zur Vermeidung der Ausbreitung durch Bodenmaterial für Straßenbau und Betriebsdienst erarbeitet. Dafür war es notwendig, Einschleppungswege zu analysieren und methodische Ansätze und Methodenkombinationen zur Vermeidung der Ausbreitung von Bodenmaterial (z. B. im Zuge des Neu- und Ausbaus, aber auch der Modernisierung und Sanierung von Infrastrukturmaßnahmen) zusammenzutragen. Der Straßenbetriebsdienst und auch die Straßenplanung und der Straßenbau sollen für die Thematik sensibilisiert werden. Erforderliche Maßnahmen bei der Bauausführung sollen benannt werden.

Für die Konzeptentwicklung war vorgesehen z. B.

- ausgewählte Straßenbetriebsdienste gezielt nach ihren Erfahrungen zur Einschleppung von Staudenknöterich durch Erde/Baumaßnahmen und relevanten Belangen zu befragen,
- eine Auswahl an Erdzwischenlagern und Baustellen auf Staudenknöterich-Vorkommen zu untersuchen (je nach Verfügbarkeit), um Anhaltspunkte für die Häufigkeit einer Verschleppung zu gewinnen. Beispielhaft erfolgt eine Recherche nach den möglichen Ausbreitungsquellen,
- eine Abschätzung des Einschleppungswegs bei Erfassung der Staudenknöterich-Vorkommen in den Untersuchungsregionen (soweit möglich) vorzunehmen,
- eine Recherche nach Möglichkeiten zur Behandlung belasteten Bodens und nach Methoden zur Verhinderung einer weiteren Bodenanreicherung mit Rhizomen durchzuführen.

Die recherchierten und erarbeiteten Untersuchungsergebnisse wurden ausgewertet und zusammengestellt. Wissenschaftliche Erkenntnisse und Erfahrungen aus anderen Themenbereichen wurden berücksichtigt. Auf der Grundlage wurden Entscheidungs- und Handlungshilfen zur Prävention einer Ausbreitung über Bodenmaterial konzipiert.

Bei den Empfehlungen wurde beachtet, dass in Deutschland derzeit keine gesetzlichen Vorschriften zum Umgang mit knöterichbelastetem Erdmaterial existieren und Maßnahmen von Seiten des Straßenbetriebsdienstes aktuell auf Freiwilligkeit beruhen bzw. für beauftragte Firmen über vertragliche Bindung formuliert werden können.

Analog wurde ergänzend der Aspekt einer Ausbreitung des Staudenknöterichs im Rahmen der Pflege behandelt, wie er z. B. am Einsatzstandort selbst durch Verschleppung austriebsfähiger Sprosssteile beim Mähvorgang oder standortübergreifend durch kontaminierte Pflegegeräte erfolgen kann.

e) Praxistests ausgewählter Bekämpfungsmethoden (Durchführung von In situ-Studien)

Ziel war es, Bekämpfungsmethoden, die sich potenziell für ihren Einsatz auf Straßenbegleitflächen eignen, in praktischen Anwendungsversuchen zu erproben. Eine Vorauswahl potenziell geeigneter Bekämpfungsverfahren wurde im Arbeitsschritt „Zusammenstellung und Bewertung vorhandener Maßnahmen für die Bekämpfung von Staudenknöterichen“ getroffen. In einem weiteren Schritt wurden aus einem Pool möglicher Versuchsstandorte im Rahmen einer Voruntersuchung geeignete Flächen ausgewählt, die für eine Anwendung verschiedener, ausgewählter Bekämpfungsverfahren im Rahmen des Projektes infrage kommen.

Sofern auf Basis der Voruntersuchungen begründet, wurden für unterschiedliche Flächentypen Bekämpfungsmethoden ausgewählt, die unter Berücksichtigung der Praktikabilität und der Belange der Betriebsdienste erfolversprechend erschienen. So herrschen beispielsweise auf einem Autobahnmittelstreifen andere Bedingungen bezüglich Verkehrssicherheit oder Zugänglichkeit vor, als an einer Böschungsoberkante, so dass es notwendig war, unterschiedliche Methoden auszuwählen und ihre Wirksamkeit zu erproben.

Bei einer abschließenden Entscheidungsfindung für die Auswahl der im Rahmen des Projektes zu erprobenden Methoden spielte nicht zuletzt auch der technische und zeitliche und damit der Kostenaufwand für die verschiedenen Maßnahmen eine Rolle.

Die Vorstellung der ausgewählten Standorte und die je Standort geplanten Bekämpfungsverfahren, die dort im Rahmen der Praxisversuche jeweils zum Einsatz kommen sollten, wurden in mehreren Bewertungsrunden mit der Auftraggeberin abgestimmt.

f) Ausarbeitung von Empfehlungen zum Umgang mit Staudenknöterich im Straßenbegleitgrün

Als ein abschließendes Ergebnis des Projekts sollten konkrete und praxisorientierte Empfehlungen für den Umgang mit Staudenknöterichen im Verkehrsbegleitgrün erarbeitet werden. Hauptadressat ist der Straßenbetriebsdienst, der im Rahmen der Straßenunterhaltung und Regelpflege auch für die Erkennung und Einordnung von Knöterichbeständen sensibilisiert und ggf. über spezielle Bekämpfungs- und Kontrollmaßnahmen informiert werden soll.

Die Empfehlungen sind auf eine praktische Umsetzbarkeit der Maßnahmen ausgerichtet und berücksichtigen neben den Belangen des Straßenbetriebsdienstes (Betrieb) auch die Planungs- und Bauphase (Neu- und Ausbau von Bundesfernstraßen) z. B. bezüglich Vorkundungen zur Knöterichbelastung, zum Oberbodenmanagement oder zu Entsorgungsnachweisen. Dazu gehören auch Empfehlungen für eine Ökologische Baubegleitung (ÖBB) oder Bodenkundliche Baubegleitung (BBB) bei entsprechenden Baumaßnahmen.

In den Empfehlungen zum Umgang mit Staudenknöterichen wurden daher folgende drei Aspekte beachtet:

- **Prävention:**
Empfehlungen zur Verhinderung von Einschleppung und Ausbreitung in den Bereichen Planung, Bau und Betrieb
- **Priorisierung:**
Empfehlungen und Kriterien zur Maßnahmenpriorisierung
- **Bekämpfung:**
Empfehlungen zu Bekämpfungsmethoden in Bezug auf die unterschiedlichen Standorte und Bestandsstrukturen insbesondere im Straßenbegleitgrün.

2 Zusammenstellung und Bewertung von vorhandenen Methoden für die Bekämpfung

2.1 Übersicht

Es wurden bekannte Methoden und Praxiserfahrungen zur Bekämpfung von Staudenknöterich recherchiert und zusammengestellt. Neben der eigentlichen Durchführung der Verfahren und ihren Ansprüchen bezüglich der Zugänglichkeit wurden dabei auch jeweils der Aufwand und die abschätzbaren Erfolgsaussichten bei einer Anwendung im Straßenbegleitgrün zusammengestellt. Auf dieser Basis erfolgt eine Einordnung und Bewertung der Bekämpfungsmaßnahmen bezüglich einer Anwendung im Begleitgrün an Bundesfernstraßen.

Nachfolgend sind zunächst in einer kompakten Übersicht mögliche Bekämpfungsmethoden nach Angaben von BEERLING et al. (1994), KRETZ (1994), BOLLENS (2005), MEINLSCHMIDT (2006), GERBER et al. (2010), BOLLENS & FISCHER (2012), DJEDDOUR & SHAW (2010), WALSER (1995, 2015, 2019), SCHMIEDEL et al. (2015), KELLER (2017), OLDENBURGER et al. (2017), CABI (o.J.), JONES et al. 2020 sowie eigenen Erhebungen zusammengestellt. Dabei wird zwischen direkten Bekämpfungsverfahren im Bestand (Tabelle 4) und Maßnahmen zur Behandlung von mit Knöterichmaterial belasteten Substraten/Materialien unterschieden (Tabelle 5). Letztere können z. B. im Rahmen der Nachbehandlung oder Entsorgung von rhizomhaltigen Böden oder von Mähgut anfallen, die bei bestimmten Bekämpfungsmaßnahmen oder bei vorbeugenden Maßnahmen (Prävention) im Rahmen der Bauphase oder Entsorgung auftreten.

Bezeichnung	Kurzbeschreibung
Mahd/Schlegeln	6-8 mal pro Jahr mähen/schlegeln
Beweidung	Intensive Beweidung (3-4 malig oder Standweide)
Abdecken mit Vlies	Abdecken mit/Einbau von wurzeldichtem Vlies/Folie
Herbizide	Herbizideinsatz (Totalherbizide, selektive Herbizide)
Ausreißen	Sprosse ruckartig aus dem Boden ziehen (mit Rhizomteilen)
Ausgraben	Rhizome händisch ausgraben oder ausbaggern
Abbrennen	Abbrennen der Sprosse
Strom	Anlegen von Hochspannung (flächig oder mit Lanzen)
Heißwasser	Behandlung der Sprosse („Duschen“) und der Rhizome/Wurzeln mit speziellen Lanzen
Überpflanzung	Überpflanzung mit Bäumen und Sträuchern (Verdrängung)
Mesh Tech	Aufbringen eines Drahtgitternetzes
Sole	Injektion von Salzwasser mit Lanzen
Sonstige Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> • Infrarot-Bestrahlung • Biologische Bekämpfung • Ätzung mit Branntkalk/Kalkstickstoff

Tab. 4: Verfahren zur Bekämpfung/Wuchskontrolle der ostasiatischen Staudenknöterich-Sippen im Bestand

Die einzelnen Verfahren werden anschließend in Form von Steckbriefen und anhand der oben genannten Kriterien konkreter beschrieben. Danach erfolgt eine zusammenfassende Einordnung und Bewertung der Verfahren bezüglich Wirksamkeit und Anwendbarkeit im Straßenraum.

Bezeichnung	Kurzbeschreibung
Mähgut	
Kompostierung	Kontrollierte Kompostierung bei ≥ 70 °C
Verbrennung	z. B. Biomassekraftwerk oder MVA
Trocknung	→ Grünabfall
Rhizomhaltiger Boden	
Rhizome crushing	Mechanische Schädigung der Rhizome mit <ul style="list-style-type: none"> • Steinbrechfräse (Überfahren) • Schaufelseparator (punktuelle Behandlung)
Heißdampf	Behandlung der Rhizom-Erde mit Heißdampf
Einpacken	Kompletteinbau in Folie/Vlies mit Überdeckung

Tab. 5: Verfahren zur Behandlung von mit Staudenknöterich belasteten Substraten (Mähgut, rhizomhaltiger Boden)

2.2 Vorstellung ausgewählter Verfahren

2.2.1 Verfahren zur Bekämpfung/Wuchskontrolle der ostasiatischen Staudenknöterich-Sippen im Bestand

Nachfolgend sind in Tabelle 6 die verschiedenen Verfahren zur Bekämpfung oder Wuchskontrolle der Staudenknöterich-Sippen auf Basis recherchierter Angaben stichpunktartig zusammengestellt (vgl. Tabelle 4, Quellen siehe oben).

Mahd/Schlegeln	
Beschreibung:	<u>Intensives Schnittregime</u> <ul style="list-style-type: none"> • 6 – 8 Schnitte pro Jahr, sobald die Sprosse ca. 40 cm groß sind (z. B. alle 3 – 4 Wochen von Mai bis Oktober), nach Bestandschwächung gegebenenfalls reduzierte Schnitthäufigkeit • Schlegelmahd (Mulchen) oder Mahd mit Abräumen
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bestandsschwächung und Eindämmung (Kontrolle der Bestände möglich, keine weitere Expansion) ➤ vollständige/nachhaltige Entfernung unwahrscheinlich oder nur sehr langwierig ➤ Schlegeln beschädigt den Knöterich stärker als Mähen, aber Mähen mit Abräumen langfristig effektiver wegen Entfernung der Biomasse (Nährstoffentzug)
Aufwand:	<ul style="list-style-type: none"> • Kostenaufwand entsprechend der üblichen Mahd des Verkehrsbegleitgrüns, Zusatzaufwand für mehrere Pflegedurchgänge zusätzlich zur Regelpflege • langjährige/häufige Behandlung mit entsprechend häufigem Aufwand für Verkehrssicherung (mind. 5 Jahre) • Reinigung Mähgeräte • bei Mahd mit Abräumen zusätzlich Aufnahme, Transport und Entsorgung
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ potenziell geeignet vor allem zur Kontrolle und Eindämmung von Beständen ➤ Gefahr der Verschleppung durch Mäh-/Mulchgeräte

Tab. 6: Verfahren zur Bekämpfung der ostasiatischen Staudenknöterich-Sippen im Bestand mit Beschreibung der Vorgehensweise, erwartbaren Effekten, Aufwand und der Eignung für einen Einsatz im Straßenbegleitgrün

Beweidung	
Beschreibung:	<u>Intensive Beweidung</u> <ul style="list-style-type: none"> • 3 – 4 Durchgänge pro Jahr oder Standweide • Erfahrungen mit Schafen, Ziegen, Rindern, Schweinen (ggf. nach Eingewöhnungsphase)
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ deutliche Bestandsschwächung ➤ Erhalt einer geschlossenen Grasnarbe mit möglicher Verdrängung des Knöterichs (z. B. Schafe, abhängig von Beweidungsintensität und Tierart)
Aufwand:	<ul style="list-style-type: none"> • Einrichtung Koppel oder feste Zäune, im Verkehrsbegleitgrün verstärkte Zaunsicherheit nötig • erforderliche Zugänglichkeit von außen • mindestens 5 Jahre
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ direkt an Bundesfernstraßen ungeeignet wegen hoher Aufwendung für/Gefährdung der Verkehrssicherheit (an Standorten mit fester Einzäunung oder Abschirmung, z. B. hinter Lärmschutzwänden oder an eingezäunten Retentionsbecken, eventuell möglich)
Abdecken	
Beschreibung:	<u>Abdecken/Einbau von wurzeldichtem Vlies/Folie</u> <ul style="list-style-type: none"> • Entnahme der obersten Schicht (25 – 50 cm) mit Entsorgung des Rhizom-Erde-Gemischs • Einbau Folie/Vlies mit großzügiger Abdeckung (Pufferstreifen) und Seitensicherung (Graben) • Neuaufbau/Sanierung Vegetationsfläche mit unbelastetem Boden und Einsaat (bei Böschung mit Erosionsschutzmatte)
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ vollständige Entfernung der Bestände bzw. dauerhafte Abdeckung ohne Wiederaustrieb (unter der Abdeckung kann das Rhizom noch jahrelang austriebsfähig bleiben)
Aufwand:	<ul style="list-style-type: none"> • Bodenarbeiten im Straßennebenraum, oft Böschungskörper (Abgraben, Seitensicherung, Auftrag/Einbau unbelastetes Material inkl. Erosionsschutz/Neueinsaat • Verlegearbeiten inkl. Verklebung/Vernähen der Folie oft durch Spezialfirma (ausgereiftes Verfahren) • Entsorgung/Nachbehandlung des abgegrabenen Boden-Rhizom-Materials erforderlich, z. B. Deponierung/Kompostierung/Verbrennung/Abdecken mit Folie ohne/mit Vorbehandlung (Heißdampf, „rhizome crushing“ etc.)
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ grundlegend geeignet zur Beseitigung bzw. Abdeckung von mittleren bis großen Beständen (ein Arbeitsgang) ➤ zwar nur einmalige „Behandlung“, aber sehr aufwändig/teuer (Maßnahme und Entsorgung) und ggf. Eingriffe in den Böschungskörper, Monitoring/Überprüfung der Dichtigkeit und ggf. randliches Aufwachsen erforderlich
Herbizideinsatz	
Beschreibung:	<u>Herbizideinsatz (systemisch, total oder selektiv wirkend)</u> <ul style="list-style-type: none"> • 1 – 2 Durchgänge pro Jahr, über mind. 2 -3 Jahre • verschiedene Applikationsmöglichkeiten (Spritzen, Injektion, Walzen)
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ vollständige Entfernung vor allem jüngerer Bestände bei sorgfältiger Anwendung möglich ➤ bei älteren Beständen mit weitreichendem Wurzel-/Rhizomsystem deutlich langwieriger
Aufwand:	<ul style="list-style-type: none"> • je nach Zugänglichkeit und möglichem Maschineneinsatz (Applikation z. B. über Fahrzeugaufsatz mit Ausleger oder tragbare Rückenspritze) • Genehmigungsverfahren und Sicherheitsschulung erforderlich
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ potenziell geeignet ➤ Genehmigung erforderlich (Anwendung im Projekt ausgeschlossen)

Tab. 6: Fortsetzung

Ausreißen	
Beschreibung:	<u>Ausreißen der Sprosse</u> <ul style="list-style-type: none"> • Sprosse ruckartig aus dem Boden ziehen, dabei werden auch obere Teile des Rhizoms entfernt (selektive Behandlung des Knöterichs → Förderung Konkurrenz) • 3 – 6 Durchgänge pro Jahr, später weniger, in der Regel über mehrere Jahre
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ vollständige Entfernung junger Bestände bei mehrjähriger und sorgfältiger Anwendung möglich ➤ bei älteren Beständen mit weitreichendem Wurzel-/Rhizomsystem deutlich langwieriger ➤ Anfall von reiner Biomasse (ohne Boden) und daher leichter zu entsorgen
Aufwand:	<ul style="list-style-type: none"> • arbeitsintensiv mit hohem Personaleinsatz • kein Maschineneinsatz erforderlich
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ potenziell geeignet, aber nur für kleine Bestände bzw. Initialbestände empfehlenswert ➤ an für Maschineneinsatz schwer zugänglichen Stellen
Ausgraben	
Beschreibung:	<u>Rhizome händisch ausgraben oder ausbaggern</u> <ul style="list-style-type: none"> • einmaliger Vorgang, aber großzügige Entnahme/tiefes Auskoffern erforderlich • maschinengestützt nur mit guter Zugänglichkeit • Entsorgung des Rhizom-Erde-Gemischs • Neuaufbau/Sanierung mit unbelastetem Boden und Einsaat (bei Böschung mit Erosionsschutzmatte)
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ vollständige Entfernung der Bestände (mehrjährige Nachkontrollen erforderlich)
Aufwand:	<ul style="list-style-type: none"> • abhängig von Bestandsgröße/-alter (→ Ausgrabungstiefe) sowie Kosten für Verkehrssicherung und Entsorgung • evtl. nachfolgende Sanierung der Fläche mit Bodenauftrag und Einsaat erforderlich • händisches Ausgraben arbeitsintensiv mit hohem Personaleinsatz, aber weniger Aufwand zur Sanierung der Fläche und deutlich weniger Material zur Entsorgung (reine Biomasse nach Auslesen Wurzeln/Rhizome)
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ potenziell geeignet für abgrenzbare Bestände ➤ zwar nur einmalige „Behandlung“, aber sehr aufwändig/teuer und hoher Entsorgungsaufwand ➤ bei Böschungen Beeinträchtigung der Standfestigkeit möglich ➤ per Hand nur für kleine/Initial-Bestände empfehlenswert
Abbrennen	
Beschreibung:	<u>Abbrennen/Abflämmen der Sprosse</u> <ul style="list-style-type: none"> • gasbetrieben • großflächig mit Anbaugeräten (nur für ± ebene Flächen), kleinflächig mit handgeführten Geräten • mehrjährig mit 2 – 3 Anwendungen pro Jahr
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ gewisse Kontrolle der Bestände möglich, aber kein bzw. nur sehr langwieriger Rückgang (Rhizome werden nicht erreicht)
Aufwand:	<ul style="list-style-type: none"> • abhängig von Bestandsgröße/-alter, verwendetem Gerät, Zugänglichkeit und Befahrbarkeit der Fläche • gegebenenfalls zusätzlicher Brandschutz
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ nicht oder nur bedingt geeignet, da geringe Effekte und Sicherheitsproblem (Brandgefahr) ➤ Anbaugeräte nicht für Böschungen geeignet

Tab. 6: Fortsetzung

Strom	
Beschreibung:	<u>Anlegen von Hochspannung</u> <ul style="list-style-type: none"> • mit handgeführten Lanzen (selektive Behandlung des Knöterichs → Förderung Konkurrenz) oder flächiges Befahrung mit Anbau- oder handgeführten Geräten • Stromschock und Erhitzen der einzelnen Sprosse inklusive des angrenzenden Rhizom-/Wurzelsystems • bei Staudenknöterich mehrjährige Anwendung erforderlich mit mehreren Durchführungen pro Jahr
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ vollständige Entfernung der Bestände möglich ➤ bei älteren Knöterichbeständen mit weitreichendem Wurzel-/Rhizomsystem aber langwierig
Aufwand:	<ul style="list-style-type: none"> • Bekämpfung mehrjährig, mehrere Anwendungen pro Jahr und zeitintensiv, da meist Einsatz von handgeführten Lanzen (jeder Spross wird einzeln behandelt) • häufige Verkehrssicherungsmaßnahmen • nur wenige Spezialfirmen (Tendenz zunehmend) • Erwerb von eigenen Handgeräten möglich (Schulung zur Führung nötig)
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ potenziell geeignet ➤ hoher Aufwand, aber kein Anfall von kontaminiertem Material ➤ bei Einsatz von handgeführten Lanzen ist auch die Behandlung nicht direkt befahrbarer Stellen möglich, aber Bestandsgröße limitiert ➤ mögliche Brandgefahr bei trockenen Vegetationsbeständen ➤ Anwendung bei zu starker Bodentrockenheit eventuell nur eingeschränkt möglich (verminderte Leitfähigkeit) ➤ Einsatzbereich abhängig von der Kabellänge zum mobilen Stromgenerator ➤ Anbaugeräte im Straßenraum meist nicht möglich
Heißwasser	
Beschreibung:	<u>Applikation von heißem Wasser (99 °C) mit mobilem Kochgerät</u> <ul style="list-style-type: none"> • „Duschen“ der Sprosse und Einstechen von Lochlanzen zur Applikation in obere Bodenschichten (→ Schädigung Rhizome, Wurzeln, selektive Behandlung von Fallopia → Förderung Konkurrenz) • 4 bis 5 Anwendungen pro Jahr, später seltener, mindestens 3 Jahre • Material kann verbleiben, Kochen fördert Verrottungsprozess
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ vollständige Entfernung der Bestände möglich ➤ bei älteren Fallopia-Beständen mit weitreichendem Wurzel-/Rhizomsystem aber langwierig
Aufwand:	<ul style="list-style-type: none"> • Bekämpfung mehrjährig, mit mehreren Anwendungen pro Jahr und zeitintensiv, da Duschen und Lanzen handgeführt sind • häufige Verkehrssicherungsmaßnahmen • wenige Spezialfirmen (Tendenz zunehmend) • Anschaffung von eigener Ausstattung möglich
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ potenziell geeignet ➤ hoher Aufwand, aber kein Anfall von kontaminiertem Material ➤ durch Handführung ist auch die Behandlung nicht direkt befahrbarer Stellen möglich, aber Bestandsgröße limitiert ➤ Einsatzbereich abhängig von der Schlauchlänge zum mobilen Kochgerät

Tab. 6: Fortsetzung

Überpflanzung	
Beschreibung:	<u>Überpflanzen mit Bäumen und wüchsigen Sträuchern</u> <ul style="list-style-type: none"> • Förderung der Beschattung und Verdrängung der Fallopia-Bestände durch Pflanzen/Einbringen von Gehölzen (z. B. mit Weidenspreitlagen an Gewässerufeln) • zielgerichtete Pflege der Gehölzbestände (→ Erhaltung eines dichten Unterwuchses)
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verdrängen der Bestände möglich ➤ mögliche Probleme: Auflichtung der Gehölze mit dem Höhenwachstum, Knöterichwachstum am Bestandsrand
Aufwand:	<ul style="list-style-type: none"> • einmalige Pflanzung, aber langjährige Kontrolle und Pflege erforderlich
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ ungeeignet/schwierig wegen erhöhtem Pflegeaufwand (Freihaltung Lichtraumprofil) und „Randproblem“
Drahtgitter	
Beschreibung:	<u>„Aushungern“ eines Bestandes durch Aufbringen eines Drahtgitternetzes</u> <ul style="list-style-type: none"> • Auslegen eines Gitters mit definierter Maschenweite auf einen zuvor gemähten und geräumten Bestand • Erosionsschutzwirkung durch Gitter und andere Pflanzen (selektive Wirkung auf Fallopia → Förderung Konkurrenz, Durchwachsen anderer Pflanzen ist möglich)
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Schwächung durch Abschnüren und Sprossverletzung Ansatz: Die durch das Gitter gewachsenen Sprosse sollen im Zuge ihrer nachfolgenden Verdickung eingeschnürt und instabil werden, was zu Verletzungen und Absterben der Sprosse führen soll. Nachtriebe sind weniger hoch und dünner, sollen aber durch Wind und Feuchtigkeit im Kontaktbereich der Gitter weiterhin geschädigt werden. Zudem wird der Nährstoffaustausch gestört, was in Verbindung mit dem kontinuierlichen Absterben der Stängel zu einer Auszehrung des Nährstoffspeichers im Rhizom führen soll. ➤ kompletter Rückgang wohl nur langfristig erreichbar (noch keine Erfahrungen zur Langzeitwirkung verfügbar)
Aufwand:	<ul style="list-style-type: none"> • einmaliges Auslegen, Verbleib mindestens 5 Jahre • Rückbau/Entsorgung Drahtgitter
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Methode mit Potenzial zur Anwendung an Bundesfernstraßen (idealerweise an Standorten, die ungestört wachsen können, da Mahd den Prozess beeinflusst) ➤ hoher, einmaliger Aufwand, aber kein Anfall von kontaminiertem Material, kein direkter Flächeneingriff (z. B. Öffnen der Böschung)
Sole	
Beschreibung:	<u>Applikation von Salzwasser</u> <ul style="list-style-type: none"> • Tränkung/Injektion mit Salzsole im Bereich der Austriebe mit einer Düngelanze bis in ca. 40 cm Tiefe (ohne Schnitt)
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ vollständige Entfernung der Bestände möglich, vor allem bei jungen Beständen Untersuchungen in der Schweiz (Kanton Zug 2019) zeigen kontinuierliche Abnahme der Bestände (nach 6 Jahren ca. 2/3, nach 9 Jahren 90 % Rückgang)
Aufwand:	<ul style="list-style-type: none"> • zwei Durchgänge pro Jahr Ende Mai und August • mehrjährige Anwendung (mindestens 5 Jahre)
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Methode mit Potenzial, vor allem bei schwer bearbeitbaren Beständen und Beständen mit Salzvorbekämpfung (z. B. Mittelstreifen) ➤ in Deutschland wegen fehlender Herbizid-Zulassung von Salz* nicht anwendbar (Anwendung im Projekt ausgeschlossen) • *Salz oder eine Salz-Lösung darf gemäß EU-Verordnung 2017/1529 nur als Fungizid oder Insektizid eingesetzt werden, nicht jedoch als Herbizid zur Unkrautbekämpfung (siehe auch BayLfL).

Tab. 6: Fortsetzung

Sonstige Bekämpfungsmethoden im Bestand	
Ätzung	<ul style="list-style-type: none"> • Ätzung mit Branntkalk/Kalkstickstoff Branntkalk (Calciumoxid CaO): Einmalig 10 kg/10 qm (= ca. 10fach überdosiert), Ausbringung Mitte August • Kalkstickstoff (Calciumcyanamid CaCN₂) 10 kg/50 qm (= 5fach überdosiert, Ausbringung Mitte August)
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Branntkalk keine Wirkung, Kalkstickstoff verätzt Blätter, jedoch schnelle Regeneration ➤ Düngewirkung → verstärktes Knöterichwachstum ➤ nicht geeignet, da keine dauerhafte Reduktion sowie kontraproduktive Düngewirkung
Heißdampf	Heißdampfbehandlung ausgebaute Rhizom-Erde als Bekämpfungsmethode „im Bestand“, da nach Ausbau und Behandlung kurzfristiger Wiedereinbau möglich oder als Nachbehandlung (→ ausführlich unter Kapitel 2.2.2)
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	➤ Bedingt geeignet (aufwendig, Flächenbedarf)
Infrarot	Infrarot- Bestrahlung der befallenen Flächen (Versuche durch DB in den 1990er Jahren)
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kontrolle möglich, aber kein/nur sehr langwieriger Rückgang (geringe Tiefenwirkung) ➤ Eher ungeeignet (vgl. Abbrennen)
Biologische Bekämpfung	<p>Biologische Bekämpfung</p> <p>Einsetzen der Blattflohart <i>Aphalara itadori</i> (natürlicher Feind des Staudenknöterichs in Ostasien)</p> <p>Untersuchungen seit den 2000er-Jahren in GB, verschiedene Freisetzungsexperimente in den 2010er-Jahren, geringe Vitalitäts- und Überwinterungserfolge (CABI 2020).</p> <p>Freisetzungsversuch 2014 in Kanada: geringe Überlebensrate der Nymphen, langsame Etablierung; wird als alleinige Bekämpfungsmethode eher nicht empfohlen (JONES et al. 2020):</p> <p>Untersuchungen mit anderen Organismen sind im Versuchsstadium (z. B. Applikation von Schadpilzen: <i>Mycosphaerella polygoni-cuspidati</i>) (CABI 2020).</p>
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Praxisrelevanz für Bekämpfung im Straßenbegleitgrün unklar, langwierige Zulassungsprozesse ➤ Folgewirkungen unklar (Einbringung Neobiota)

Tab. 6: Fortsetzung

2.2.2 Verfahren zur Behandlung von mit Staudenknöterich belasteten Substraten (rhizomhaltige Böden, Mähgut)

Die Tabelle 7 zeigt verschiedene Verfahren zur Behandlung von mit Staudenknöterich belasteten Substraten (rhizomhaltige Böden, Mähgut (vgl. Tabelle 5, Quellen siehe oben).

Kompostierung	
Beschreibung:	<p><u>Kontrollierte Kompostierung ($\geq 70\text{ °C}$)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mähgut oder rhizomhaltiges Bodenmaterial wird nach Mischung mit der gleichen Menge angerottetem Grünschnitt auf Miete gesetzt • kontrollierte Kompostierung mit regelmäßiger Temperaturmessung und Umsetzen der Miete bei Temperaturabfall (Zuführung von Sauerstoff)
Erwartbare Effekte:	➤ Absterben der Fallopa-Sprosse und Rhizome
Aufwand:	• mind. 6 Wochen Kompostierung bei 2 Umsetzungen
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ mögliche Nachbehandlung von Mähgut oder Boden-Rhizomgemischen ➤ Aufbau von/Einbindung in standardisierte Verfahren erforderlich (gütegesichert, Transportwege etc.)
Steinbrechfräse	
Beschreibung:	<p><u>Rhizome crushing mit Steinbrechfräse</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • mechanische Schädigung der Rhizome durch Überfahren eines ebenen Knöterichbestandes oder eines ausgebauten Rhizom-Erdgemisches mit Anbaugerät • anschließend Nachbehandlung (Abdecken mit Folie zur Verrottung, Heißdampf etc.) • abschließend Entsorgung/Weiterverwertung Substrat
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ vollständiges Absterben/Zerstören der Wiederaustriebsfähigkeit durch die mechanische Schädigung <u>in Verbindung</u> mit einer Nachbehandlung ➤ Herstellung der Lagerfähigkeit oder Wiederwertbarkeit der kontaminierten Substrate
Aufwand:	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz Spezialmaschine (kostenintensiv) • bei Behandlung eines ausgebauten Rhizom-Erdgemisches ebene Fläche zur Behandlung und Zwischenlagerung erforderlich (Dauer der Zwischenlagerung ca. 18 Monate, je nach Rottegrad)
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ mögliche erste Stufe einer Nachbehandlung von ausgebautem Boden-Rhizomgemisch mit nachfolgend weiterem Schritt ➤ mögliche Direktbearbeitung von Knöterichbeständen auf ebener Fläche (dann mehrfach)
Schaufelseparator	
Beschreibung:	<p><u>Rhizome crushing mit Schaufelseparator</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • mechanische Schädigung der Rhizome in einem Rhizom-Erdgemisch durch Behandlung mit einer Spezialschaufel (Anbaugerät am Bagger) • z. B. direkt im Straßenbegleitgrün bei Klein-/Initialbeständen, aber eher als Form der Nachbehandlung ausgebauter Materialien • anschließend Nachbehandlung (Abdecken mit Folie zur Verrottung, Heißdampf etc.) • abschließend Entsorgung/Weiterverwertung Substrat
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ vollständiges Absterben/Zerstören der Wiederaustriebsfähigkeit durch die mechanische Schädigung <u>in Verbindung</u> mit einer Nachbehandlung ➤ Herstellung der Lagerfähigkeit oder Wiederwertbarkeit der kontaminierten Substrate
Aufwand:	• Einsatz Spezialmaschine (kostenintensiv)
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ mögliche erste Stufe einer Nachbehandlung von ausgebautem Boden-Rhizomgemisch mit nachfolgend weiterem Schritt ➤ mögliche Direktbearbeitung bei kleineren Beständen (dann mehrfach)

Tab. 7: Verfahren zur Behandlung von mit Staudenknöterich belasteten Substraten

Heißdampf	
Beschreibung:	<u>Dämpfung eines Rhizom-Erdgemischs</u> <ul style="list-style-type: none"> • Abtrag Rhizom-Erdgemisch (Tiefe?) • auch frisches Mähgut • vierstündige Behandlung mit Heißdampf (70 – 100 °C) • vor Ort mit Folienabdeckung (Haufendämpfung auf Boden oder Pritschendämpfung auf Fahrzeug) oder im Container • in einer mobilen Dämpfanlage (Durchlauferhitzer)
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ vollständiges Absterben der Biomasse (Rhizome, Sprosse) im behandelten Rhizom-Erdgemisch oder Mähgut, Herstellung der Lagerfähigkeit oder Wiederwertbarkeit der kontaminierten Substrate (direkter Wiedereinbau des behandelten Rhizom-Erdgemischs möglich nach Walser 2019) ➤ gefahrlose Entsorgung des behandelten Mähguts ➤ keine Verhinderung von Austrieben aus tieferen Bodenschichten, welche nicht behandelt wurden
Aufwand:	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatz Spezialmaschine (Dämpfanlage, Durchlauferhitzer) mit hohem Energieverbrauch • Flächenbedarf während Dämpfvorgang, bei größeren Mengen mehrere Durchgänge/Tage
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ mögliche Nachbehandlung zu Verfahren des Ausgrabens und der Abdeckung, kein Anfall von kontaminiertem Material, kurzfristiger Wiedereinbau möglich (für große Bestände zu aufwendig) ➤ aufwändig, aber mit Potenzial bei gutem Zugang ➤ Nachbehandlung von Mähgut als dauerhafte Lösung wohl zu teuer
Einpacken	
Beschreibung:	<u>Einpacken von Rhizom-Erde/-Sprossen in Folie/Vlies</u> <ul style="list-style-type: none"> • vollständiges Einpacken (Sarkophag). z. B. nach Oberbodenabtrag/Ausgraben/Mahd • vgl. Abdecken, aber zur Nachbehandlung oder dauerhaften Sicherung auf Zwischen-/Endlagerfläche (als Nachbehandlung mindestens 2 Jahre vor Ort belassen)
Erwartbare Effekte:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ vollständiges Verhindern von Wiederaustrieb, langfristig Absterben der Biomasse (Rhizome, Sprosse)
Aufwand:	<ul style="list-style-type: none"> • gesonderter Flächenbedarf (mehrjährig oder dauerhaft)
Fazit/Eignung für Straßenbegleitgrün:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ bei konsequenter Anwendung geeignet zur Nachbehandlung oder dauerhaften Sicherung abseits des Straßenraums

Tab. 7: Fortsetzung

2.3 Zusammenfassende Einordnung und Bewertung von Bekämpfungsmethoden im Bestand

Die in Kapitel 2.2.1 in Form von Steckbriefen vorgestellten und bewerteten Bekämpfungsverfahren im Bestand werden im Folgenden zum besseren Vergleich noch einmal mit den wesentlichen Kriterien und Aussagen zur Einordnung und Bewertung bezüglich eines Einsatzes auf Straßenebenenflächen zusammenfassend dargestellt.

Als Basis der Bewertung sind in den einzelnen Steckbriefen für eine Einordnung in Bezug auf die Anwendbarkeit der Methoden auf Straßenbegleitflächen bzw. im Nahbereich von Verkehrsinfrastrukturen verschiedene Kriterien herangezogen worden:

- die Durchführbarkeit und Praktikabilität (zeitlicher und technischer Aufwand der Maßnahmen, erforderliche Zugänglichkeit der Flächen, Abstellmöglichkeit für erforderliche Fahrzeuge/Technik, Aufwand für Verkehrssicherung)
- die erforderliche Häufigkeit und Dauer der Bekämpfungsmaßnahmen, ggf. erforderliche Nachbehandlungen
- die Eignung der Bekämpfungsmaßnahme für bestimmte Bestandstypen und Altersstufen (s. Kasten) und nicht zuletzt
- der zu erwartende Bekämpfungserfolg

Bestandsalter als Kriterium:

Etablierte und damit in der Regel ältere Bestände des Staudenknöterichs sind aufgrund ihres weitreichenden Rhizom-Wurzel-Systems und hohen Regenerationspotenzials nur mit größerem Aufwand wieder von einem Wuchsort zu entfernen. Wie aufwändig die Maßnahmen bis zu einer vollständigen und nachhaltigen Entfernung eines Vorkommens sind, hängt daher maßgeblich davon ab, wie lange ein Vorkommen sich an einem für die Art günstigen Wuchsort etabliert und ein unterirdisches Speichersystem in seinen Rhizomen und Wurzeln angelegt hat. Neu angesiedelte Bestände sind mit deutlich geringerem Aufwand zu entfernen.

Bei der Beurteilung des zeitlichen und finanziellen Aufwandes von Bekämpfungsmaßnahmen sind die Häufigkeit und Dauer der Behandlung von großer Bedeutung. So ergeben sich bei einigen wiederholt durchzuführenden Maßnahmen, die zwar im Einzeldurchgang relativ zeit- und kostengünstig sind, in der Summe hohe Kosten, weil diese häufig und über mehrere Jahre hinweg erfolgen müssen. Zudem sind bei häufig anzuwendenden Maßnahmen die jeweils erforderlichen Verkehrssicherungsmaßnahmen zu beachten. Diese wirken sich nicht nur negativ auf die Einschränkung der Verkehrssicherheit und den Verkehrsfluss aus, sondern sind durch Bindung von Personal und Infrastruktur auch oft mit hohem finanziellen und organisatorischen Aufwand verbunden. Bei Einzelmaßnahmen sind wiederum die dennoch erforderlichen mehrjährigen Kontrollen der Bestände zu berücksichtigen, welche ebenfalls Personal und ggf. Maßnahmen zur Verkehrssicherung erfordern.

Vor dem Hintergrund der aufgeführten Kriterien zur Einordnung und Bewertung von Bekämpfungsverfahren bezüglich eines Einsatzes auf Straßenebenenflächen wurden solche Verfahren ausgewählt, die potenziell geeignet sind und für die eine Untersuchung in den Praxisversuchen im Rahmen des Projektes weiter überprüft werden (siehe Kapitel 6). In der folgenden Tabelle 8 sind diese Bekämpfungsverfahren farbig hervorgehoben.

Die Angaben zu Häufigkeit der Anwendungen und Aufwand beruhen auf Angaben aus der Literatur oder von Dritten. Die entsprechenden Erkenntnisse hierzu aus den eigenen, im Rahmen des Projektes durchgeführten Untersuchungen von Bekämpfungsmaßnahmen an Bundesfernstraßen sind in Kapitel 6 zusammengestellt.

Bezeichnung	Anzahl Behandlungen pro Jahr	Dauer	Erfolgsaussichten	Anwendbarkeit auf Straßennebenflächen
Mahd/Mulchen (Schlegeln)	zu Beginn 6 – 8, später 2 – 3	mindestens 5 Jahre	Eindämmen/Rückgang, dauerhaftes Entfernen eher unwahrscheinlich	möglich jedoch Gefahr der Verschleppung durch Mäh- und Mulchgeräte, hoher Aufwand für Verkehrssicherheit und ggf. Entsorgung
Beweidung	3 – 4 oder Standweide	mindestens 5 Jahre	Ausgeprägter Rückgang des Bestandes, bis zu kompletter Verdrängung	sehr eingeschränkt, wegen Gefährdung Verkehrssicherheit (z. B. hinter Lärmschutzwand oder an eingezäunten Retentionsbecken eventuell möglich)
Abdecken mit Vlies/Folie	einmalig, mit vorherigem Abtrag des Oberbodens (25 cm/50 cm)	Abdeckdauer mindestens 5 Jahre (Empfehlung 10 – 20 Jahre)	Dauerhaftes Entfernen möglich	möglich bei Böschungen Sicherung mit Erosionsschutzmatte oder Böschungsvlies und Andeckung mit Ersatzsubstrat notwendig mittlere bis große Flächen
Herbizide	1 – 2	2 – 3 Jahre	Dauerhaftes Entfernen möglich (systemisch)	möglich (theoretisch) jedoch Sondergenehmigung erforderlich, → Anwendung im Projekt ausgeschlossen
Ausreißen	3 – 6 später weniger	in der Regel mehrere Jahre erforderlich (bis nichts mehr nachwächst)	Bei jungen Kleinbeständen dauerhaftes Entfernen möglich	möglich jedoch nur bei Initialvorkommen/Kleinbeständen
Ausgraben	Einmalig (vollständiges Auskoffern)	Nachkontrollen erforderlich	Dauerhaftes Entfernen möglich Zum vollständigen Entfernen aller Rhizome ist ein sehr tiefes Auskoffern und ein Sicherheitsabstand zum Bestandsrand erforderlich	möglich (tlw.), aufwendig, Nachbehandlung oder teure Entsorgung des Aushubmaterials erforderlich, auf Böschungen mögliche Beeinträchtigung der Standfestigkeit (händisch nur auf Kleinflächen)
Abbrennen	1 – 3	mehrfähig	Nur Eindämmung, da keine Auswirkungen auf das Rhizom und Sprosse schwer entflammbar	nur bedingt Brandgefahr und Problem für Standsicherheit/Erosionsschutz wegen Zerstörung Gesamtvegetation
Strom	2 – 3	Anbaugerät kaum Erfahrungen Lanze mehrjährig	Erfahrungen in der Grünpflege und auch bei Fallopa (limitierte Bestandsfläche)	möglich Gefahr wg. Hochspannung und Brandgefahr Anwendung von Elektrolanze für punktuelle Anwendung wird verfolgt (kleine bis mittelgroße bzw. eingeschränkt zugängliche Flächen)
Heißwasser	4 – 5 später weniger	mindestens 3 Jahre	dauerhafte Entfernung möglich	möglich aufwendig, aber keine Entsorgungsprobleme kleine bis mittlere Flächen
Überpflanzung	einmalig	Nachkontrollen erforderlich	Nur Eindämmung, kein vollständiges Verdrängen (vor allem randlicher Lichteinfall ermöglicht Triebwachstum)	nur sehr bedingt, Gefahr der Sichteinschränkung/erhöhter Pflegeaufwand
Drahtgitter	1	mindestens 5 Jahre	Langjähriges Aushungern (wirkungsvolle Eindämmung wohl möglich, dauerhaftes Entfernen?)	möglich nicht in tief gemähten Bereichen kleine bis mittlere Flächen

Tab. 8: Zusammenfassende Einordnung und Bewertung von Bekämpfungsmethoden im Bestand

Bezeichnung	Anzahl Behandlungen pro Jahr	Dauer	Erfolgsaussichten	Anwendbarkeit auf Straßenebenenflächen
Sole	2	mindestens 5 Jahre	Vollständiges Entfernen möglich	mit Potenzial, aber pflanzenschutzrechtlich in Deutschland nur schwer umsetzbar* → Anwendung im Projekt ausgeschlossen
Ätzung	1 (Mitte August)	mehrfährig	Branntkalk ohne Wirkung, Kalkstickstoff verätzt nur Blätter, schnelle Regeneration; Düngewirkung forciert Knöterichwachstum	nicht gegeben Maßnahme wegen Düngewirkung kontraproduktiv
Infrarot-Bestrahlung	kaum Erfahrungen	kaum Erfahrungen	Keine Tiefenwirkung (vgl. Abbrennen)	vgl. Abbrennen; wird derzeit nicht weiterverfolgt
Biologische Bekämpfung (Blattfloh, Pilze)	kaum Erfahrungen	kaum Erfahrungen	im Labor wohl möglich, zu Freisetzungsversuchen wenige Ergebnisse verfügbar, Überwinterungsraten des Blattflohs bislang gering	wird derzeit nicht weiterverfolgt
* In Deutschland ist ein offizieller Einsatz von Sole zur Bekämpfung von Pflanzen wegen fehlender Zulassung von Salz für eine Anwendung als Herbizid zurzeit nicht möglich. Aus Anfragen beim Institut für Pflanzenschutz am Bayerischen Landesamt für Landwirtschaft im Zusammenhang mit der Bekämpfung eines anderen invasiven Neophyten (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>) gab es eindeutige Hinweise, dass keine Ausnahmegenehmigung in Aussicht gestellt werden könnte (vgl. https://www.lfl.bayern.de/ips/recht/194773/index.php , siehe dazu auch EU-Verordnung 2017/1529)				

Tab. 8: Fortsetzung

Für die Durchführung von Praxisversuchen zur Bekämpfung von Staudenknöterichbeständen im Bestand wurden somit folgende Verfahren in die nähere Auswahl genommen:

- Abdecken mit Vlies/Folie
- Ausreißen
- Ausgraben
- Strom (Elektrolanze)
- Heißwasser
- Drahtgitter

Diese vorausgewählten Verfahren zur Bekämpfung von Staudenknöterichbeständen im Bestand werden im Kapitel 4 (Entwicklung methodischer Ansätze zur Bekämpfung der asiatischen Staudenknöteriche im Verkehrsbegleitgrün) mit ihren entsprechenden Anpassungen und spezifischen Eignungen für einen Einsatz im Verkehrsbegleitgrün (insbesondere an Bundesfernstraßen) detaillierter vorgestellt und bewertet.

Verfahren zur Behandlung rhizobelasteter Substrate

Analog der Tabelle 8 mit Bekämpfungsmethoden im Bestand erfolgt in Tabelle 9 eine zusammenfassende Darstellung von recherchierten und bewerteten Verfahren zur Behandlung bzw. Nachbehandlung von mit Staudenknöterich belasteten Substraten. Diese Verfahren bieten sich beispielsweise für die Nachbehandlung von rhizomhaltigen Böden oder auch lebenden Sprossteilen (z. B. in Form von Mähgut) an, wie sie bei verschiedenen Bekämpfungsverfahren im Bestand auftreten können.

Das Heißdampfverfahren nimmt hierbei eine Zwischenstellung ein, da es zwar abseits des Straßenraums durchgeführt werden muss, aber aufgrund der Möglichkeit des kurzfristigen Wiedereinbaus nicht nur als Methode der Nachbehandlung, sondern als eine Form von Bekämpfung im Bestand angesehen werden kann.

Zudem können diese Verfahren im Rahmen der Prävention eine wichtige Rolle übernehmen, wenn im Rahmen von Baumaßnahmen Bestände des Staudenknöterichs auftreten oder mit entsprechenden Spross- oder Rhizomteilen kontaminiertes Material anfällt (siehe Kapitel 5).

Bezeichnung	Dauer	Erfolgsaussichten	Aufwand	Anwendbarkeit auf Straßenebenenflächen
Kompostierung	vollständiger Durchgang mit Heißrotte (mind. 6 Wochen)	vollständiges Absterben von Spross- und Rhizomteilen möglich	abhängig von vorhandenen Einrichtungen (temperaturkontrollierte Heißrotte) und möglicher Wiederverwertung	nur zur Nachbehandlung abseits des Straßenraums
Verbrennung	vollständiger Verbrennungsdurchgang (z. B. MVA)	vollständiges Absterben von Spross- und Rhizomteilen gewährleistet Hinweis: Rhizom-Erd-Gemisch wird bei hohem mineralischem Anteil von MVA ggf. nicht angenommen	bei Verbrennung in MVA hoher Kostenaufwand v. a. bei Rhizom-Boden-Gemischen (Gewicht). MVA-Entsorgung reiner Biomasse (z. B. nach Ausreißen) vertretbar	nur zur Nachbehandlung abseits des Straßenraums
Trocknung	vollständiges Durchrocknen (z. B. Trocknungsanlage)	vollständiges Absterben von Spross- und Rhizomteilen gewährleistet (anschließende Deponierung oder Verbrennung)	stark abhängig von vorhandenen Entsorgungspfaden und Einrichtungen sowie von der weiteren Verwertung, schwierig bei Rhizom-Boden-Gemischen	nur zur Nachbehandlung abseits des Straßenraums
Rhizome crushing • Steinbrechfräse • Schaufelseparator	einmalig + anschließende Abdeckung mit Folie mind. 12 Monate je nach Verrottungsgrad der Rhizome (+ Nachkontrolle)	vollständiges Absterben möglich	hoher Aufwand für Spezialmaschinen sowie anschließenden Flächen- und Zeitbedarf bei weiterer Nachbehandlung	bedingt Nachbehandlung abseits des Straßenraums (z. B. nach Bodenabtrag oder Ausgraben bzw. Mahd) Bekämpfung im Bestand nur bei Befahrbarkeit (Steinbrechfräse) oder kleinflächig (Schaufelseparator)
Heißdampf	einmalig	vollständiges Absterben möglich (verschiedene Verfahren)	Spezialanlagen, beschränkter Durchsatz	bedingt abseits des Straßenraums zur Bestandsbekämpfung (kurzfristiger Wiedereinbau möglich) oder zur Nachbehandlung
Einpacken	einmalig	vollständiges Absterben möglich	dauerhafter Flächenbedarf, langwierig	zur Nachbehandlung, vgl. Abdecken

Tab. 9: Verfahren zur Behandlung von mit Staudenknöterich belasteten Substraten (rhizomhaltige Böden, Mähgut)

3 Priorisierung der Bekämpfung an unterschiedlichen Standorten auf straßenbegleitenden Grünflächen

Generell ist festzuhalten, dass nicht jedes Vorkommen eines Staudenknöterichs an Verkehrswegen ein aktuelles, konkretes Problem in Bezug auf Verkehrssicherheit, erhöhten Pflegeaufwand oder Bauwerkschäden verursacht. Andererseits sind kleinere und jüngere Bestände deutlich einfacher und effektiver zu bekämpfen als größere, ältere Bestände.

Bestandsregulierende Maßnahmen sind prioritär dort erforderlich, wo Bestände des Staudenknöterichs in Bezug auf die Funktion der betroffenen Fläche akut problematisch sind oder dies auf absehbare Zeit werden können, z. B. in Hinsicht auf

- die Gefährdung von Infrastrukturen (Einwachsen in Bankett oder Fahrbahnrand, Unterwachsen von Bauwerken etc.),
- die Einschränkung der Verkehrssicherheit (Beeinträchtigung Lichtraumprofil oder Sichtbarkeit von Verkehrszeichen, siehe Bild 7)
- eine markante Erhöhung des Pflegeaufwandes (häufigere Rückschnitte im Vergleich zur Regelpflege) mit entsprechenden Aufwendungen für Verkehrssicherung.



Bild 7: Nach Baumaßnahmen aufgewachsener, noch kleiner Bestand von Japanischem Staudenknöterich. Ohne Entfernung des Vorkommens ist langfristig ein erhöhter Aufwand zum Freischneiden der Verkehrsschilder erforderlich (Foto: B. Alberternst, 4.7.2013)

Bei Beständen mit akuter Problemlage handelt es sich oft schon um ältere, etablierte Bestände mit größerer unterirdischer Biomasse. Bei zunehmend größeren und älteren Beständen ist dann verstärkt abzuwägen, wie stark die Problematik der einzelnen Bestände ist, ob eine Beseitigung angestrebt werden sollte, eine Eindämmung ausreicht oder ob gar keine Bekämpfung erforderlich ist.

Da die Größe der Bestände bei der Priorisierung eine große Rolle spielen, werden im Folgenden kleine, mittelgroße und große Bestände unterschieden. Diese werden im Rahmen des Projektes folgenden Flächengrößen zugeordnet:

Kleine Bestände: < 20 m² (inkl. Kleinst- und Initialbestände < 10 m²)

Mittelgroße Bestände: 20 m² – 200 m²

Große Bestände: > 200 m²

In Kapitel 7.1 sind die Kriterien zur Priorisierung auf Grundlage der Größe der Bestände und der akuten Problemlage in Form einer Abfrageliste zusammengefasst.

4 Entwicklung methodischer Ansätze zur Bekämpfung der asiatischen Staudenknöteriche im Verkehrsbegleitgrün

4.1 Ansatz zur Neu- und Weiterentwicklung von Bekämpfungsverfahren

Die Neu- und Weiterentwicklung von methodischen Ansätzen zur Bekämpfung von Staudenknöterich im Begleitgrün der Bundesfernstraßen beruht auf Kombinationen, spezifischen Adaptionen und Konkretisierungen von aus anderen Bereichen beschriebenen Verfahren der Staudenknöterich-Bekämpfung oder sonstigen innovativen Methoden der Beikrautregulierung.

Die Vorlagen für die Entwicklung der entsprechend adaptierten Ansätze oder Methoden zu Bekämpfungsverfahren liefern die Recherchen und Auswertungen zu Bekämpfungsmethoden in Kapitel 2. Die dort recherchierten Methoden wurden in Bezug auf eine mögliche Anwendbarkeit im Straßenraum (Verkehrsbegleitgrün) eingeordnet und bewertet. Für den möglichen Einsatz in Praxisversuchen innerhalb des Projektes wurde daraus eine Reihe von Methoden ausgewählt. Diese werden bisher meist nicht oder nicht schwerpunktmäßig zur Bekämpfung von Staudenknöterichen im Verkehrsbegleitgrün an Bundesfernstraßen angewendet. Diese Bekämpfungsverfahren und Methodenkombinationen sind im Folgenden beschrieben, wobei auf die spezifischen Anforderungen und Anpassungen für einen Einsatz im Verkehrsbegleitgrün an Bundesfernstraßen eingegangen wird. Dabei wird auch die Eignung der Methoden für bestimmte Situationen im Straßenbegleitgrün behandelt (Zugänglichkeit, Lage, Mittelstreifen, Böschung, Schutzplanken etc.). Weitere Konkretisierungen und Adaptionen werden sich im Zuge der Planung und Durchführung der Praxisversuche ergeben.

Die Bekämpfungsverfahren im Bestand, die für eine Anwendung im Begleitgrün an Bundesfernstraßen vorausgewählt wurden, sind im Folgenden aufgelistet:

- Abdecken mit Vlies/Folie
- Ausreißen
- Ausgraben
- Strom (Elektrolanze)
- Heißwasser
- Drahtgitter

Diese für einen Einsatz in den Praxisversuchen infrage kommenden Bekämpfungsmethoden wurden in einem weiteren Schritt detaillierter betrachtet und für den Einsatz im Straßenbegleitgrün weiter konkretisiert. Die Ergebnisse sind im Kapitel 4.2 zusammengestellt.

4.2 Beschreibung der Bekämpfungsverfahren zum potentiellen Einsatz in den Praxisversuchen mit erweiterten Ansätzen für die Anwendung im Verkehrsbegleitgrün

4.2.1 Abdecken mit Vlies/Folie

Beschreibung

Das Verfahren beinhaltet das Verdämmen von Staudenknöterichbeständen durch Abdecken mit wurzeldichtem Vlies/Folie und wird bisher in Deutschland auch im Verkehrsbegleitgrün, vor allem aber in der Wasserwirtschaft bzw. beim Gewässerbau angewendet. Gute Erfahrungen im Gewässerbau wurden bisher z. B. mit dem Wurzelschutz-Vlies 'Plantex Platinum' der Firma DuPont gemacht (WALSER 2019).

Bei Anwendung des Verfahrens auf dem Begleitgrün von Bundesfernstraßen (Einbau nach Oberbodenabtrag) wird in der Folge eine Sanierung der Bekämpfungsfläche erforderlich sein. Diese wird im Fall einer häufig auftretenden Böschungssituation mit dem Einbau einer Erosionsschutzmatte und generell mit dem Auftrag von unbelastetem Boden und einer Einsaat erfolgen. Vor dem Einbau des wurzeldichten Vlieses ist eine Entnahme des Oberbodens erforderlich (ca. 25 – 50 cm), damit es nach der Sanierung zu keinem Geländesprung im Straßenverkehrsbegleitgrün kommt. Dadurch wird auch schon ein wesentlicher Teil der Rhizom-Wurzel-Masse entfernt, deren Konzentration in den oberen Bodenschichten am höchsten ist.

Das Verfahren erfordert eine großzügige Abdeckung mit Vlies inklusive eines Pufferstreifens mit Graben zur Absenkung der Folie, um ein seitliches Auswachsen der Knöterichpflanzen zu verhindern. Somit ist je nach Bestandsgröße mit relativ großflächigen Eingriffen in das Begleitgrün der Bundesfernstraßen zu rechnen. Bei sorgfältigen und ausreichend großflächigen Arbeiten ist bei einer einmaligen Anwendung eine vollständige und dauerhafte Entfernung der Knöterichbestände möglich. Der Rückbau des Vlieses nach mehreren Jahren ist fakultativ und wieder mit einem größeren Eingriff verbunden. Bei geplantem Verbleib im Boden ist zu bedenken, dass damit ein Fremdkörper und gegebenenfalls Wanderhindernis für Bodenlebewesen dauerhaft in den Boden eingebracht wird. Zudem können langfristig bei einer Zersetzung unerwünschte Stoffe in die Umwelt freigesetzt werden.

Für die Durchführung der Maßnahme sind eine gute Zugänglichkeit zur Fläche und eine in der Regel längere Zeit in Anspruch nehmende Verkehrssicherung erforderlich (Oberbodenabtrag, Modellierung, Einbau Folie, ggf. Einbau Erosionsschutzmatte, Substratauftrag, Einsaat). Zudem muss das entnommene Boden-Rhizom-Material entsorgt oder zur Inaktivierung der Rhizome nachbehandelt werden. Gegebenenfalls sind hierzu weitere Flächen außerhalb des Straßenraums erforderlich. Für die Entsorgung kommen Kompostierung, Verbrennen, Deponierung (mit oder ohne Trocknen) oder ebenfalls Abdecken infrage. Zur Nachbehandlung sind Heißdampfbehandlung (evtl. mit Wiedereinbau) oder Verfahren des Rhizome-crushing möglich.

Eignung und Anforderungen an die Bekämpfungsfläche

- Geeignet für kleine bis mittelgroße Flächen
- Geeignet für ebene Flächen und für Böschungen

- Bestände müssen gut abgrenzbar sein (von benachbarten Beständen, Gehölzbeständen etc.), Pflanzen sollten komplett abdeckbar sein und nicht am Rand weiterwachsen können (z. B. in Betonleitwänden im Mittelstreifen)
- Fläche muss für den Einbau zugänglich sein (mit schwerem Gerät)
- Fläche sollte mähbar sein (z. B. vor der Abdeckung)

Durchführung

- a) Markierung des abzudeckenden Bereichs inklusive 2 – 3 m Erweiterung über den Bestandsrand
- b) Bodennahes Abschneiden der Pflanzen
- c) Abgraben der obersten Bodenschicht (ca. 25 – 50 cm) mit dem Bagger
- d) Fachgerechte Nachbehandlung/Entsorgung des Materials
- e) Einbau eines Unkrautvlieses mit ca. 240 g/m² (z. B. Plantex Platinum von Dupont)
→ Bahnen müssen überlappen und verklebt/verschweißt oder vernäht werden;
- f) Seitensicherung durch Eingrabbtiefe am Rand mindestens 1 m
- g) Überdecken mit unbelastetem Oberboden oder Schotter, bei Oberboden Ansaat der Fläche (auf Böschungen zuvor Geogitter oder Erosionsschutzmatte anbringen)
- h) Einmalige Maßnahme (in der Regel durch Spezialunternehmen), zuzüglich Nachbehandlung und gegebenenfalls Entsorgung des ausgebauten Materials

4.2.2 Ausreißen (inkl. Ausgraben händisch)

Beschreibung

Das arbeitsintensive Ausreißen per Hand wird bisher vor allem im Rahmen von Naturschutzmaßnahmen oder auf schwer zugänglichen Flächen in ökologisch sensiblen Bereichen durchgeführt. Dabei werden die Sprosse der Staudenknöteriche ruckartig aus dem Boden gezogen. Damit können auch obere Teile des Rhizoms entfernt werden, was die Pflanze weiter schwächt. Das Verfahren wird ausführlicher bei Cercle exotique (2019) beschrieben (Technische Bekämpfungsmerkblätter, Bekämpfung Asiatische Staudenknöteriche, Modul 2: Ausreißen).

Der Einsatz im Verkehrsbegleitgrün wird sich auf Initialbestände konzentrieren, die vom Flächenumfang und der vertikalen Entwicklung des Rhizomsystems noch begrenzt sind. Dabei werden vor allem Kleinstbestände oder auch Bestände an mit Maschinen schwer zugänglichen Stellen infrage kommen (z. B. bei Behinderung durch verkehrliche Infrastruktur, Schutzplanken etc.). Das eigentliche Ausreißen kann auch mit Vorlockern (Spaten/Hacke) oder händischem Ausgraben kombiniert werden.

Die Flächen müssen wiederholt aufgesucht werden, in der Regel über mehrere Jahre.

Die ausgerissenen Pflanzenteile inkl. angefallene rhizomhaltige Erde sind von der Bekämpfungsfläche zu entfernen und so zu entsorgen oder nachzubehandeln, dass keine Verbreitung des Staudenknöterichs davon ausgehen kann. Durch sorgfältiges Trennen der Biomasse (Stängel, Rhizomen, Wurzeln) von anfallender Erde kann der Aufwand zur Nachbehandlung und Entsorgung deutlich verringert werden.

Das Verfahren ist weniger technisch, als eher organisatorisch aufwändig, kann aber in Verbindung mit einer systematischen Kontrolle und Früherkennung von Staudenknöterich-

beständen durch die Straßenmeistereien eine wichtige Rolle bei deren frühzeitigen Bekämpfung spielen. Dabei sind die (in der Regel kleinen) Bekämpfungsflächen systematisch zu ermitteln und einzumessen, um konsequent die wiederholte und sich meist über mehrere Jahre hinziehende Behandlung durchführen zu können. Bei mehrjähriger und sorgfältiger Anwendung ist eine vollständige Entfernung vor allem jüngerer Bestände möglich.

Eignung und Anforderungen an die Bekämpfungsfläche

- Geeignet für Klein- und Kleinstflächen, vorwiegend Initialbestände (seit wenigen Jahren am Wuchsort)
- Geeignet für ebene Flächen und für Böschungen (nicht zu steil)
- Bestände müssen abgrenzbar sein (von benachbarten Beständen)
- Gute Zugänglichkeit zu Fuß mit Grabgeräten und für Abtransport der entnommenen Biomasse

Durchführung

- a) Flächenscharfes Einmessen/Markieren der Knöterich-Bestände
- b) Ruckartiges Ausreißen der Sprosse
- c) Händisches Vorlockern oder mit einer Hacke und/oder Entnahme von bergbaren Rhizomballen mit dem Spaten
- d) Wiederholungsmaßnahme: mehrere Jahre mit 3 – 5 Durchgängen pro Jahr,
- e) Maßnahmen bis zum vollständigen und dauerhaften Entfernen des Staudenknöterichs durchführen (Nachkontrollen in den Folgejahren)
- f) Variante: ein- bis zweimal mal Ausgraben von Hand (z. B. bis 50 cm Tiefe) und anschließend Ausreißen der aufkommenden Sprosse

4.2.3 Ausgraben (maschinell)

Beschreibung

Das Verfahren beinhaltet das Ausbaggern von Rhizombeständen mit je nach Standort und Bestandsgröße angepasstem, technischem Gerät. Daneben sind ein entsprechender Abtransport des entnommenen Materials (Boden-Biomasse-Gemisch) sowie dessen fachgerechte Nachbehandlung bzw. Entsorgung erforderlich, da eine Trennung von Biomasse und Erde hier in der Regel nicht erfolgen kann. Beim Aushub ist mit hoher Sorgfalt darauf zu achten, dass keine Rhizom-/Wurzelreste am Wuchsort verbleiben (inkl. Nachkontrolle).

Der Einsatz im Begleitgrün von Bundesfernstraßen erfordert eine Zugänglichkeit der entsprechenden technischen Infrastruktur und insbesondere bei Böschungen eine Berücksichtigung der ausreichenden Stabilität. Bei großflächigen, älteren Beständen werden größere Erdbaumaßnahmen erforderlich und bei Zugänglichkeit nur von der Straßenseite her auch umfangreichere Verkehrssicherungsmaßnahmen. In höheren Böschungen ist der Einsatz von Langarmbaggern möglich.

Das Verfahren eignet sich bei größeren Beständen wegen des hohen Materialanfalls und Eingriffs in den Erd- bzw. Böschungskörper vor allem dann, wenn sowieso Baumaßnahmen anstehen. Meist stehen in einem solchen Fall auch leichter Zwischenlager zur Nachbehandlung oder gegebenenfalls Endlagerflächen zur Verfügung.

Ansonsten bietet sich das Verfahren für kleinere und mittlere Bestände an, wobei ein funktionierendes Konzept zur Nachbehandlung und/oder Entsorgung zwingend erforderlich ist.

Eignung und Anforderungen an die Bekämpfungsfläche

- Geeignet für gut abgrenzbare, kleine bis mittelgroße Bestände (größere Bestände nur im Rahmen von Baumaßnahmen mit Verwertung-/Entsorgungskonzept)
- Geeignet für ebene Flächen und für Böschungen
- Gute Zugänglichkeit für technische Infrastruktur (Bagger, Lkw) bzw. Befahrbarkeit der Fläche mit einem Bagger

Durchführung

- a) Markierung des aufzugrabenden Bereichs inkl. 2 bis 4 m (je nach Größe des Bestands) Erweiterung des oberirdisch sichtbaren Wuchsbereichs
- b) Ermittlung der erwartbaren Massen, Entwicklung und Abstimmung eines Nachbehandlungs-/Entsorgungskonzeptes inkl. Zwischenlagerungs- und ggf. Nachbehandlungsflächen
- c) bei Bekämpfung auf größeren Böschungen: Planung über möglichen Eingriffsumfang mit Personen abstimmen, die über Fachwissen zu Aufbau und Stabilität von Böschungen verfügen, Durchführung gegebenenfalls mit entsprechender Baubegleitung
- d) Abschneiden der Pflanzen/Entnahme der oberirdischen Biomasse
- e) Ausbaggern der kompletten vom Staudenknöterich durchwurzeltten Bodenschicht
- f) Sorgfältige Nachkontrolle der Aushubgrube auf Wurzel-/Rhizomreste und deren restlose Entfernung mit Bagger oder ggf. händisch
- g) fachgerechte Nachbehandlung/Entsorgung des Materials
- h) Verfüllung der Aushubmulde durch fachgerechten Einbau entsprechender Unterboden- und Oberbodenmaterialien, ggf. nach qualifizierter Heißdampfbehandlung auch Wiedereinbau des ursprünglichen Materials
- i) Einsaat der Flächen und Nachkontrollen

4.2.4 Strom (Elektrolanze)

Beschreibung

Das Verfahren beinhaltet die Bekämpfung von Pflanzen mit Strom unter Hochspannung. Mittels eines Generators auf einem Trägerfahrzeug wird durch eine mobile Hochvoltanlage ein etwa 5.000 Volt starker Stromstoß erzeugt. Über eine spezielle mit dem Gerät verbundene Lanze dringt dieser über den Pflanzenkörper bis in die Wurzel (vgl. Angaben Elektroherb-Anbieter ZASSO 2021). Durch eine Elektrode am Ende der Handlanze wird der Spross berührt und dadurch der Stromkreislauf durch die Pflanzen (inkl. Wurzeln) geschlossen. Der Stromschock (Zerstörung der Zellwände) wird durch sofortige Welke sichtbar. Nach einem bis mehreren Tagen (je nach jahreszeitlicher Empfindlichkeit) sterben die Pflanzen zumindest im oberen Bereich ab. Kleinere Pflanzen sterben nach einmaliger Behandlung sofort komplett ab.

Der Einsatz des Verfahrens im Begleitgrün von Bundesfernstraßen wird sich auf kleine bis maximal mittelgroße Bestände konzentrieren, da mit der Lanze mit jedem Stromstoß

jeweils nur ein Einzelspross behandelt werden kann. Dabei werden vor allem auch Bestände an mit Maschinen schwer zugänglichen Stellen infrage kommen (z. B. Mittelstreifen). Voraussetzung ist jedoch, dass der Stromgenerator in einer Entfernung von max. 20 m vom Bestand entfernt abgestellt werden kann.

Erfolge sind in erster Linie bei jüngeren Beständen zu erwarten, da hier das Rhizom-Wurzelsystem noch nicht so stark und tief ausgebildet ist. Auch die Elektrolanze bietet sich daher in Verbindung mit einer systematischen Kontrolle und Früherkennung von Staudenknöterichbeständen durch die Straßenmeistereien an, wo sie eine wichtige Funktion bei deren frühzeitiger Bekämpfung erfüllen kann. Dabei sind die Bekämpfungsflächen systematisch zu ermitteln und einzumessen, um konsequent die wiederholte Behandlung und Nachkontrolle durchführen zu können. Bei mehrjähriger und sorgfältiger Anwendung ist eine vollständige Entfernung der Bestände möglich.

Mit der Methode kann bei Trockenheit und bei Nässe gearbeitet werden kann. Der Boden selbst darf aber nicht zu sehr ausgetrocknet sein, um die für das Verfahren erforderliche elektrische Leitfähigkeit zu gewährleisten (z. B. bei Schottersubstraten im Bankett oder Mittelstreifen). Da es bei der Anwendung zu Lichtbögen und Funkenflug kommt, ist bei sehr trockener Witterung mit zum Teil vertrockneter Biomasse auch die Brandgefahr zu berücksichtigen. Hier sind vor allem bei starkem Wind Vorsichtsmaßnahmen zu treffen.

Das Pflanzenmaterial kann auf der Fläche verbleiben, es ist keine Entsorgung/Nachbehandlung erforderlich. Der Boden rund um die Pflanze bleibt von dem Stromschock unberührt, sodass erwünschte Pflanzen keinen Schaden nehmen. Für den Umgang ist eine Schulung und das Tragen von speziellen bi-elektrischen Stiefeln erforderlich.

Eignung und Anforderungen an die Bekämpfungsfläche

- Geeignet vor allem für Kleinflächen bis maximal mittelgroße Bestände, vorwiegend Initialbestände (seit wenigen Jahren am Wuchsort)
- Geeignet für ebene Flächen und für Böschungen, Behandlung in nicht oder nur schwer mähbaren Bereichen möglich (z. B. Schilder, Schutzplanken, Gehölznähe), Zugänglichkeit zu Fuß und für fahrzeuggeführten, mobilen Generator (Stromkabellänge 20 m) erforderlich
- Bekämpfung in der Nähe von Schutzplanken ist möglich

Durchführung

- a) Flächenscharfes Einmessen/Markieren der Knöterich-Bestände
- b) Je nach räumlicher Situation Verkehrssicherung einrichten
- c) Bekämpfung durchführen
- d) Regelmäßig Wiederaustrieb kontrollieren und bei Bedarf Bekämpfung
- e) Maßnahmen bis zum vollständigen und dauerhaften Entfernen des Staudenknöterichs durchführen (Nachkontrollen in den Folgejahren, wegen der relativen Tiefenwirkung kann ein Wiederaustrieb auch länger dauern)
- f) Fortführen der Regelpflege nach Bekämpfungsdurchgang

4.2.5 Heißwasser

Beschreibung

Das Verfahren beinhaltet die Applikation der Staudenknöterichbestände mit heißem Wasser (ca. 99 °C). Neben Duschen der Pflanzen zur Behandlung der oberirdischen Sprosssteile ist auch eine Behandlung mit Lanzen erforderlich, die eine Applikation des heißen Wassers im oberen Bereich des Rhizom-Wurzel-Systems ermöglicht.

Das Verfahren wird bereits bei der Bekämpfung von Staudenknöterichen angewandt, vor allem bei der Gewässerunterhaltung.

Für die Anwendung im Begleitgrün von Bundesfernstraßen ist die Zugänglichkeit der einzelnen Flächen und die Verkehrsbelastung der zu behandelnden Straßenabschnitte ausschlaggebend. Da die Bekämpfungsmaßnahmen mit einem Begleitfahrzeug mehrfach im Jahr und über mehrere Jahre hinweg erforderlich sind, sind auch entsprechend häufig Verkehrssicherungsmaßnahmen durchzuführen.

Das Pflanzenmaterial kann auf der Fläche verbleiben, es ist keine Entsorgung/Nachbehandlung erforderlich.

Eignung und Anforderungen an die Bekämpfungsfläche

- Geeignet vor allem für gut abgegrenzte kleine bis mittelgroße Bestände
- Geeignet für ebene Flächen und für Böschungen (nicht zu steil, begehbar), vor allem für flächige Bearbeitung schwer zugänglicher Bereiche (Mittelstreifen, Abschnitte mit Schutzplanken)
- Gute Zugänglichkeit der Behandlungsfläche zu Fuß und für fahrzeuggeführtes, mobiles Kochgerät erforderlich; geeigneter Standplatz für das Auto mit Wassertank muss in der Nähe verfügbar sein; Schlauchlänge je nach Anbieter zwischen 20 m und maximal 80 m.
- Verfügbarkeit von Wasser in der Nähe der Untersuchungsfläche zum Nachbetanken, gegebenenfalls wasserrechtliche Genehmigung für Wasserentnahme erforderlich oder Absprache mit Gemeinde zur Nutzung von Hydranten; Anbieter haben meist einen Tank, jedoch muss dieser nach der Anfahrt zu Beginn der Bekämpfung und auch zwischendurch regelmäßig aufgefüllt werden.
- Alle Sprosse des Bestands sollten gut erreichbar sein

Durchführung

- a) Flächenscharfes Einmessen/Markieren der Knöterich-Bestände
- b) Je nach räumlicher Situation Verkehrssicherung einrichten
- c) Oberflächliches Abspritzen der Sprosse mit ca. 99 °C heißem Wasser mit einem mobilen Kochgerät
- d) Anschließend Einstechen mit einer Lanze in die obere Bodenschicht mit Wurzeln/Rhizome in einem relativ engen Raster von ca. 30 cm x 30 cm (etwa 10-20 cm tief) und kochen der Wurzeln/Rhizome mit ca. 99 °C heißem Wasser. Die Hitzebehandlung regt den Verrottungsprozess an.
- e) Das gekochte Material kann auf der Fläche verbleiben.

- f) Fortführen der Regelpflege nach Bekämpfungsdurchgang
- g) Nachkontrollen und Wiederholung der Behandlung 4-5mal im Jahr über mindestens 3 Jahre hinweg (in späteren Jahren eventuell weniger häufig).

4.2.6 Drahtgitter

Beschreibung

Ein engmaschiges Metallgitter wird über die zuvor geräumte Fläche mit Staudenknöterich ausgelegt. Die ab April durch das Gitter wachsenden Sprosse werden im Zuge ihrer nachfolgenden Verdickung eingeschnürt und instabil, was zu Verletzungen, Abknicken und Absterben der Sprosse führt. Nachtriebe sind weniger hoch und dünner, werden aber durch Wind und Feuchtigkeit im Kontaktbereich der Gitter weiterhin geschädigt. Zudem wird der Nährstoffaustausch gestört, was in Verbindung mit dem kontinuierlichen Absterben der Stängel zu einer Auszehrung des Nährstoffspeichers im Rhizom führt. Das Verfahren wurde in Großbritannien entwickelt und wird bei Cercle Exotique (2019) beschrieben (Technische Bekämpfungsmerkblätter, Bekämpfung Asiatische Staudenknöteriche, Modul 6: Mesh Tech).

Erfahrungen aus einer Anwendung im Begleitgrün von Bundesfernstraßen sind bisher nicht bekannt. Es ist anzunehmen, dass eine nachhaltige Wirkung erst nach längerer Dauer eintreten wird. Die Drahtgitter sollten daher mindestens fünf Jahre liegengelassen werden. Die eigentliche Maßnahme (Einbau des Metallgitters) ist einmalig, aber in den Folgejahren ist eine regelmäßige Kontrolle erforderlich (v. a. um bei Bedarf ein seitliches Auswachsen von Knöterichsprossen verhindern zu können).

Bei einer Anwendung auf Böschungen entlang von Verkehrswegen ist von Vorteil, dass ein Öffnen der Vegetationsdecke (oder gar der Böschung selbst) entfällt und durch das Gitter (inkl. der sonstigen, durchwachsenden Vegetation) eine zusätzliche Erosionsschutzwirkung stattfindet. Zudem fällt bei der Methode grundsätzlich kein austriebfähiges Mähgut oder rhizombelastetes Material an.

Eignung und Anforderungen an die Bekämpfungsfläche

- Geeignet vor allem für kleine bis mittelgroße Bestände, die gut abgrenzbar sind
- Geeignet für ebene Flächen und für Böschungen (nicht zu steil)
- Möglichst nicht in tief gemähten/gemulchten Bereichen
- auf möglichst gehölzfreien Flächen, auf denen das Gitter plan ausgelegt werden kann
- Zugänglichkeit für Transportfahrzeuge im Zuge des Einbaus

Durchführung

- a) Abmähen/Entfernen der vorjährigen Biomasse (in der Regel abgefroren) im zeitigen Frühjahr vor dem Austreiben des Knöterichs (um ein gleichmäßiges Aufliegen des Drahtgitters zu gewährleisten)
- b) Großzügiges Auslegen von Maschendraht (verzinkt, nicht rostend, Maschenweite ca. 13 mm) über den Knöterichbestand (randliche Überlappung 2 bis 4 m je nach Bestandsgröße, Ausreichendes Überlappen der Gitterbahnen, ggf. Wurzelsperren einbauen)

- c) Drahtgitter durch Spanndrähte fixieren, so dass er durch das Pflanzenwachstum nicht angehoben werden kann
- d) Regelmäßige Kontrolle der Bestände
- e) Ggf. Ausbau nach 10 – 20 Jahren

4.2.7 Zusammenschau der potenziell geeigneten Bekämpfungsverfahren

Die Tabelle 10 zeigt in einer vergleichenden Zusammenschau kompakt wesentliche Angaben zu den für einen Einsatz im Straßenbegleitgrün potenziell geeigneten Bekämpfungsverfahren. Dabei wird insbesondere auf den eventuell erforderlichen Aufwand für Verkehrssicherungsmaßnahmen und die Entsorgung bzw. Nachbehandlung von anfallendem Pflanzenmaterial oder Rhizom-Boden-Gemisch eingegangen.

Bezeichnung	Anzahl Behandlungen pro Jahr*	Behandlungsdauer	Aufwand für Verkehrssicherung**	Bedarf für Nachbehandlung/ Entsorgung
Abdecken mit Vlies/Folie	einmalig, aber mit vorherigem Abtrag des Oberbodens	Abdeckdauer mindestens 5 Jahre (Empfehlung 10 – 20)	einmal aufwendig, später nur für Kontrollen	ja und mit hohem Aufwand/ Kosten (Nachbehandlung oder Verbrennung/sichere Deponierung rhizomhaltigen Oberbodens)
Ausreißen	3 – 6 später weniger	In der Regel mehrere Jahre + Nachkontrollen	mehrfach gemäß der Behandlungen und für Nachkontrollen	ja, aber nur Pflanzenteile (wenig Bodenmaterial)
Ausgraben	einmalig (vollständiges Auskoffern)	Nachkontrollen erforderlich	einmal aufwendig, später nur für Kontrollen	Bei tiefem Ausgraben: ja und mit hohem Aufwand/ Kosten (Nachbehandlung oder Verbrennung/sichere Deponierung rhizomhaltigen Oberbodens)
Strom (Elektrolanze)	2 – 3	mehrfachjährig + Nachkontrollen	mehrfach gemäß der Häufigkeit der Behandlungen sowie für Nachkontrollen	nein
Heißwasser	4 – 5 später weniger	mindestens 3 Jahre + Nachkontrollen	mehrfach gemäß der Häufigkeit der Behandlungen sowie für Nachkontrollen	nein
Drahtgitter	1	mindestens 5 Jahre	einmal aufwendig, später nur für Kontrollen	nein, später jedoch ggf. Rückbau und Entsorgung Drahtgitter
* Angaben aus verschiedenen Literaturstellen ** Falls nicht anderweitig erreichbar				

Tab. 10: Zusammenstellung der ausgewählten Bekämpfungsmethoden zum Einsatz in den Praxisversuchen

5 Ableitung/Entwicklung methodischer Ansätze zur Vermeidung der Ausbreitung durch Bodenmaterial (Prävention)

5.1 Ausbreitungswege des Staudenknöterichs und Präventionsansätze

Die Bekämpfung einmal etablierter Bestände des Staudenknöterichs ist zeit-, arbeits- und kostenintensiv. Daher kommt der Ausbreitungsprävention große Bedeutung zu. Durch gezielte Präventionsmaßnahmen soll verhindert werden, dass Ausbreitungseinheiten des Staudenknöterichs unbeabsichtigt auf neue Flächen gelangen und sich hier neue Knöterichbestände etablieren.

Eine Ausbreitung der Staudenknöteriche kann durch Rhizomstücke, über Sprossfragmente und über Samen erfolgen (vgl. Kapitel 1.2). Der Hauptweg für die Fernausbreitung der Staudenknöteriche ist die Verteilung rhizombelasteter Erde im Rahmen von Baumaßnahmen und Erdbewegungen/-transporten (s. Bild 8). Eine Ausbreitung kann auch durch abgerissene/abgeschnittene Sprosssteile erfolgen, z. B. wenn diese nach einer Mahd mit Mähgut verschleppt werden oder als Verunreinigung an Maschinen haften und mit diesen auf bisher unbelastete Bereiche verbracht werden. Bei günstigen, feuchten Bodenbedingungen können diese Sprosstücke gegebenenfalls wieder anwachsen und einen neuen Bestand begründen (s. Bild 9). Auch eine Ausbreitung über Samen ist möglich, wenn passende Bestäubungspartner der diözischen Staudenknöterichsippen in räumlicher Nähe wachsen und geeignete Etablierungsbedingungen für die Keimlinge vorhanden sind (s. Bild 10). Keimlinge der Staudenknöteriche sind aber relativ selten zu finden. Mögliche Standorte für Keimlinge sind nach eigenen Beobachtungen vor allem extreme Standorte mit wenig Konkurrenz durch andere Pflanzen wie z. B. brachgefallener Eisenbahnschotter oder offene Schotterflächen in Flusstälern (s. Bild 11).

Ursprünglich sind Staudenknöteriche vorwiegend über Gartenabfälle in die freie Natur gelangt. Dafür spricht das relativ häufige Vorkommen meist kompakter Bestände an Siedlungsrändern, an Waldparkplätzen oder auf Erd-/Bauschuttdeponien. Unter anderem über die Verwendung rhizombelasteter Erden/Substrate z. B. durch kommunale Bauhöfe, Baufirmen etc. sind die Staudenknöteriche dann weiterverbreitet worden und treten heute auch immer wieder im Verkehrsbegleitgrün entlang von Straßen auf. Dort kann dann neben der Ausbreitung durch horizontales Rhizomwachstum zusätzlich noch eine lineare Verschleppung im Zuge der Mahd stattfinden.

Daher sollten Maßnahmen zur Ausbreitungsprävention früh ansetzen und vor allem die Verschleppung der Staudenknöteriche durch Verteilung rhizombelasteter Erde im Rahmen von Baumaßnahmen verhindern. Dafür werden im folgenden Kapitel zunächst einige charakteristische Wuchsorte von Staudenknöterichen im „Straßenraum“ vorgestellt.



Bild 8: Abgegrabenes Erdmaterial mit Rhizomen und Knöterichaufwuchs bei Rosenheim (Foto: B. Alberternst, 01.08.2014)



Bild 9: Wahrscheinlich im Zuge der Verschleppung des Verkehrsbegleitgrüns aufgereichte Knöterichbestände an der BAB A6 zwischen Ansbach und Nürnberg (Foto: T. Gaar)



Bild 10: Früchte von *Fallopia sachalinensis* (links) und *F. japonica* (rechts; Fotos: B. Alberternst)



Bild 11: Brachliegendes Eisenbahn-Gelände in Darmstadt mit Staudenknöterich-Vorkommen. Der Wuchsort lässt bei der abgebildeten Pflanze (*F. x bohemica*) einen Sämling vermuten (Foto: B. Alberternst)

5.2 Wuchsorte des Staudenknöterichs im „Straßenraum“

Bei der Suche nach geeigneten Staudenknöterichbeständen für die durchzuführenden Praxistests der Bekämpfungsmaßnahmen im Straßenraum wurden zahlreiche Knöterichvorkommen und deren Wuchsorte erfasst (vgl. Kapitel 6.1). Staudenknöterichbestände sind im Verkehrsbegleitgrün von Bundesfernstraßen häufig auf Lärmschutzwällen, im Mittelstreifen, im Bankett und auf Betriebsflächen zu finden. Mitunter geben die Standorte Hinweise auf eine mögliche Einschleppung durch mit Knöterichrhizomen kontaminiertes Bodenmaterial.



Bild 12: Typische Wuchsorte des Staudenknöterichs im Straßenraum (Fotos: B. Alberternst)

Rhizome oder Sprosstücke des Staudenknöterichs können mit Baumaterialien wie Erde, Schotter, Kies oder Sand bei Baumaßnahmen sowohl lokal z. B. im Bereich einer Baustelle als auch durch Transport über große Strecken ausgebreitet werden. Durch Abgraben von Erde von Wuchsorten des Knöterichs können Staudenknöterich-Rhizome in die für Verfüllungen oder Abdeckungen verwendete Erde gelangen. Wird Schotter, Kies oder ähnliches auf oder in Angrenzung an Staudenknöterichwuchsorte abgelagert, können beim Wiedergewinn oder Abbaggern auch in diese Baumaterialien Rhizome gelangen. Weiterhin können auf zwischengelagerten Mieten und Haufwerken Staudenknöterichbestände austreiben und sich je nach Lagerdauer und Substrat vergrößern bzw. Rhizomsysteme mit eingelagerten Speicherstoffen aufbauen.

Ein Nachweis, dass die Einschleppung und/oder Ausbreitung von Staudenknöterichen im Verkehrsbegleitgrün von Bundesfernstraßen durch Erdarbeiten erfolgt ist, ist nicht immer eindeutig zu führen und lässt sich oft nur indirekt über den Wuchsort und das Ausbreitungsmuster des Staudenknöterichs, den zeitlichen Zusammenhang mit Baumaßnahmen oder z. B. das parallele Auftreten von Gartenstauden ableiten. Insbesondere auch Gespräche mit Vertretern der zuständigen Straßenbetriebsdienste können hier aufschlussreich sein.

Tabelle 11 zeigt eine Zusammenstellung von Knöterichbeständen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit im Zuge von Straßen- und Erdbaumaßnahmen eingeschleppt wurden.

Knöterich-Sippe	Wuchsort	Ort	Koordinate (GK 3)
F. x bohemica	Ausgleichsfläche/ „Eidechsenbiotop“	A3 bei Haundorf	3639357 5497433
F. japonica	Bankett	A5 bei Friedrichsdorf	3476044 5568022
F. japonica, F. x bohemica	Lärmschutzwall/ Autobahnböschung	A5 bei Friedrichsdorf	3476004 5567998; 3475986 5567894
F. spec. (juvenil, neu)	Brückenfuß	A5 bei Friedrichsdorf	3476052 5568171
F. japonica	Mittelstreifen/Bankett	A5 bei Frankfurt	3470798 5555414
F. japonica	Böschungsfuß Lärmschutzwall	A485 bei Großen-Linden	3474604 5599350
F. sachalinensis	Mittelstreifen, ebenerdig	A9 bei Nürnberg	3664606 5485445
F. japonica	Lärmschutzwall	A9 bei Neunkirchen am Sand	3667821 5491117
F. japonica, F. x bohemica	Lärmschutzwall	Nordumgehung Karben, Zufahrt zur B3	3482138 5566986
F. japonica	Mittelstreifen, erhöht in Betonsteinen	A5 bei Kalbach	3473708 5561897
F. japonica	Lärmschutzwall,	Ausfahrt A45 auf A485	3474803 5598740
F. x japonica	Lärmschutzwall, Hinterseite	A45 bei Großen-Linden	3474858 5598701
F. japonica	Lärmschutzwall	B3 bei Butzbach	3476383 5589829

Tab. 11: Fundstellen von Stauden-Knöterich im Umfeld von Bundesfernstraßen, die auf eine Einschleppung mit Erde schließen lassen

Im Folgenden werden einzelne Beispielflächen näher beschrieben.

Beispiel 1:

Lärmschutzwall an der A45 bei Großen-Linden (Hessen)



Auf dem Lärmschutzwall an der A45 bei Großen-Linden treten beidseitig an verschiedenen Stellen Staudenknöterichbestände auf. Die Knöterichpflanzen haben sich hier wahrscheinlich aus mit dem Erdmaterial für den Wall eingeschleppten Rhizomen entwickelt. Für diese Annahme spricht das parallele Vorkommen von Gartenpflanzen wie z. B. Kulturformen der Tulpe, der Osterglocke und der Iris sowie die häufig als Gartenpflanze kultivierte Eselsdistel auf der Böschung.

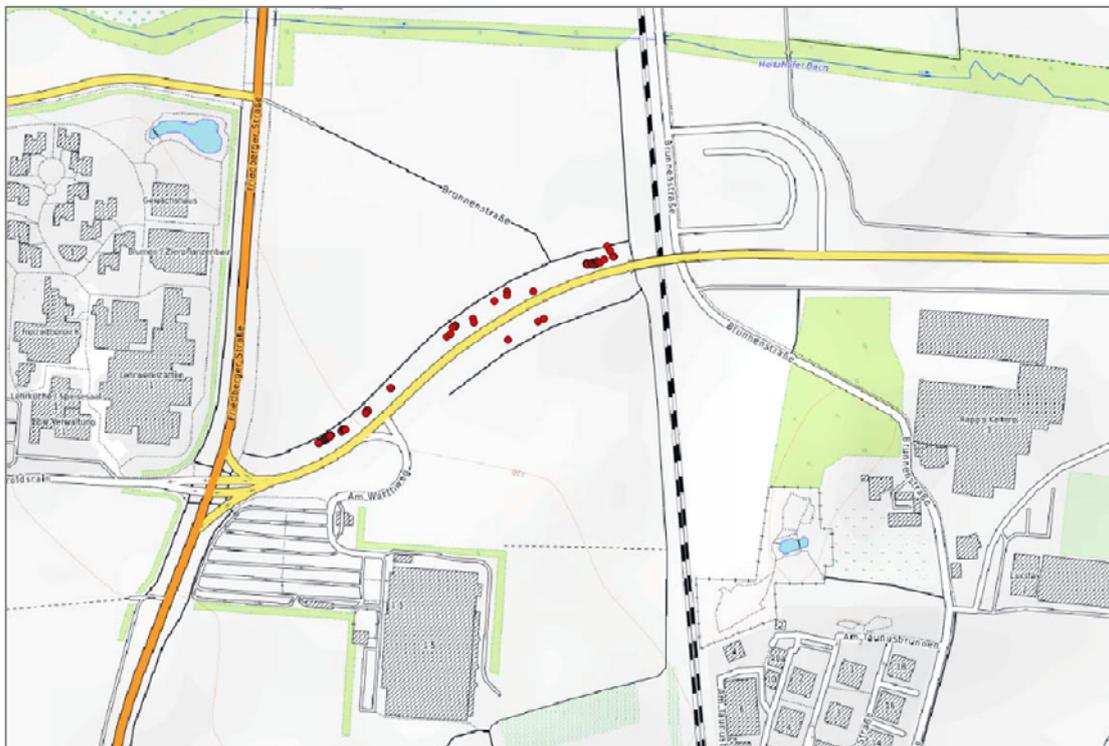
Bild 13: Knöterichvorkommen auf dem Lärmschutzwall der A45 bei Großen-Linden, mit parallelem Auftreten der weißfilzigen Eselsdistel und einer blühenden Kulturform der Iris (Koordinate 3475423 5598426)

Beispiel 2:

Neue Straßenböschungen an der Nordumgehung Karben (Hessen)

Nördlich von Karben (Hessen) wurde um das Jahr 2015 eine neue Umgehungsstraße errichtet. An neu geschütteten Straßenböschungen nahe der Zufahrt zur Bundesstraße 3 wurden offensichtlich durch das verwendete Erdmaterial Rhizome des Japanischen und des Böhmischem Staudenknöterichs eingeschleppt.

Bei einer Erhebung am 20.7.2021 wurden zahlreiche Knöterichbestände (rote Punkte in der Karte in Bild 14) gefunden. Sprosse eines Teils der Bestände waren braun verfärbt und abgestorben. Sie waren im Vorfeld offenbar gezielt bekämpft worden (vermutlich mit einem Herbizid). Einzelne Vorkommen wurden dabei wohl übersehen und waren daher von der Herbizid-Behandlung nicht erfasst worden (vgl. Bild 15, Bild 16).



Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM | Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)

Bild 14: Um das Jahr 2015 errichtete Straßenböschungen an der neu gebauten L3351 bei Karben mit Vorkommen von Staudenknöterich (*Fallopia japonica* und *F. x bohemica*; rote Punkte, Erhebung 20.07.2021)



Bild 15: Vorkommen von Staudenknöterich an Böschungen der um 2015 gebauten L3351 (20.07.2021)



Bild 16: Knöterichvorkommen auf Straßenböschungen an der L3351 bei Karben. Die meisten Staudenknöteriche wurden zuvor wahrscheinlich mit einem Herbizid behandelt und die Sprosse waren abgestorben. Einige Pflanzen wurden bei der Behandlung nicht erfasst und sind weiterhin vital (20.07.2021)

Beispiel 3:

Neubau von Schilderbrücken an der BAB A3 bei Frankfurt/Main

Im Zuge des Neubaus von Schilderbrücken an der A 3 östlich von Frankfurt a. M. wurde zum Auffüllen nach dem Bau der Fundamente wahrscheinlich mit Staudenknöterich-Rhizomen kontaminiertes Material verwendet. Dies führte zu auffälligen, punktuellen Knöterichvorkommen jeweils am Fuß der Schilderbrücken.



Bild 17: Punktuellles Staudenknöterichvorkommen am Fuß einer Schilderbrücke an der BAB A3 bei Frankfurt/Main (20.05.2020)

Beispiel 4:

Rhizomausbreitung in Erd- und Baustofflagern am Beispiel Menden

Lagerplatz mit Mieten und Haufwerken verschiedener Erden und Substrate, die von Knöterichbeständen bewachsen werden. Neben der Vergrößerung der Altbestände ist auch von einer Kontamination (Einwachsen) angrenzender, zuvor unbelasteter Materialien auszugehen.



Bild 18: Staudenknöterich in einem Erd- bzw. Baustofflager in Menden (Foto: 25.08.2013, B. Alberternst)

Beispiel 5:

Rhizomausbreitung in Erd- und Baustofflagern am Beispiel Haundorf

Staudenknöterich auf zwischengelagerten Bodenmieten auf einem umfunktionierten Rastplatz im April 2020 an der BAB A3. Auch im näheren Umfeld gab es mehrere Knöterichvorkommen. (Nach Information der zuständigen Straßenverwaltungsbehörde wurden (zumindest) die Bodenmieten kurz nach dem Ortstermin entfernt.)



Bild 19: Staudenknöterich in einem Boden-Zwischenlager (oben) und am Rand eines alten Rastplatzes (unten) an der BAB A 3 bei Haundorf – abgestorbene Triebe des Vorjahres und Wiederaustrieb (22.04.2020)

5.3 Geschwindigkeit der Bestandsentwicklung

Nach einer Einschleppung von austriebfähigen Rhizomen des Staudenknöterichs müssen sich die Pflanzen zur Begründung eines neuen Bestands zunächst am neuen Wuchsort etablieren. Es stellt sich die Frage, wie schnell die Etablierung und die Entwicklung eines neuen großen und damit schwerer zu entfernenden Bestands vonstattengeht. Wesentliche Faktoren, die eine Etablierung vor allem in der frühen Phase beeinflussen, sind neben günstigen Standortbedingungen:

- Größe und Umfang des Reservestoffvorrats der eingeschleppten Rhizomstücke
- Vitalität der eingeschleppten Rhizomstücke
- Vergrabungstiefe der Rhizome

Je größer ein Rhizom ist, desto größer ist wahrscheinlich auch sein Nährstoffvorrat, der für den Austrieb zur Verfügung steht. Vermutlich beeinflusst auch die Jahreszeit den Umfang der Speicherstoffe in den Rhizomen. So dürfte im Herbst, wenn die Pflanze Nährstoffe in die Rhizome zurückverlagert hat, der Speicherstoffgehalt größer sein als im Frühjahr nach dem Austrieb, wenn die Reservestoffe für den Spross- und Blattaustrieb verbraucht wurden.

Auch die Vitalität des Rhizoms hat Einfluss auf den Austrieb: Das Rhizomstück muss über mindestens eine austriebsfähige Knospe bzw. ein Meristem verfügen, aus dem sich ein neuer Spross entwickeln kann. Wenn das Rhizomstück beispielsweise stark angetrocknet oder beschädigt ist, ist die Vitalität sehr wahrscheinlich verringert.

Vitaler Staudenknöterich kann große Deckschichten an Erde durchwachsen. Je tiefer ein Rhizom vergraben ist, desto größer muss der Nährstoffvorrat sein, damit der junge Spross die Oberfläche erreicht.

Je größer (und älter) ein Staudenknöterichbestand ist und je tiefer und weitreichender sein Rhizomsystem, desto aufwändiger ist in der Regel seine Beseitigung. Um die Bildung neuer großflächiger Staudenknöterichvorkommen zu verhindern und kleine Knöterichbestände rechtzeitig zu entdecken, ist eine grobe Abschätzung hilfreich, wie viel Zeit die Bildung großer Vorkommen in Anspruch nimmt. Der folgende Beispielfall vom „Supermarktparkplatz Butzbach“ zeigt, dass sich der Staudenknöterich hier nicht explosionsartig nach der Einschleppung ausgebreitet hat. Allerdings konnte sich über einen Beobachtungszeitraum von etwa fünf Jahren ein stattliches Vorkommen entwickeln, dessen Beseitigung zum Beobachtungszeitpunkt im Jahr 2021 bereits größeren Aufwand bedeutet (vgl. Bild 20). Wäre das Vorkommen im Jahr 2016 beseitigt worden, wäre der Aufwand deutlich geringer gewesen.

Unterbleiben Bekämpfungsmaßnahmen in der Etablierungsphase nach der Rhizomeinschleppung über längere Zeit, können sich ausgedehnte Dominanzbestände bilden, wie Fotos von Straßenböschungen bei München und Fulda beispielhaft zeigen (s. Bild 21).

Beispiel:

Böschung Südseite neuer Supermarktparkplatz Butzbach

Bis 2014 wurde in Butzbach (Hessen) nahe der B3/John-F.-Kennedy-Straße ein Supermarkt mit Parkplatz errichtet. Ein Vorkommen des Böhmisches Staudenknöterichs wurde mit wenigen Einzelsprossen erstmals am 10.05.2016 am Böschungsfuß des Supermarktparkplatzes nachgewiesen (GK 3476183/5589829). Die Vergleichsfotos fünf Jahre später zeigen das Vorkommen kurz nach einer Pflegemahd der Böschung. Um den Initialkomplex ist randlich eine Ausdehnung durch Ausläuferrhizome erkennbar. Die Wuchsfäche hat sich in den vergangenen fünf Jahren oberirdisch schätzungsweise um das etwa 8 bis 10-fache ausgedehnt.



Bild 20: Böhmisches Staudenknöterich am Böschungsfuß eines Supermarktparkplatzes in Butzbach kurze Zeit nach Baufertigstellung 2016 und im Jahr 2021 (GK 3476183/5589829). Der Knöterich hat sich etabliert und breitet sich aus (oben: 10.5.2016, Foto: S. Nawrath, unten: 22.7.2021, Foto: B. Alberternst).



Bild 21: Dominanzbestände von *F. x bohemica* auf Straßenböschungen in München-Lochhausen (4457480 5337508, 2021, oben, Foto. B. Alberternst) und an der BAB A7 bei Fulda/Pilgerzell (2019, unten, Foto: F. Molder)

5.4 Ansatzpunkte für Gegenmaßnahmen

5.4.1 Pfade der Rhizomverschleppung mit Erde

Bild 22 verdeutlicht schematisch mögliche Ausbreitungswege des Staudenknöterichs über Erde/Substrate. Wird Erde von einem Staudenknöterichbestand abgegraben, können die Rhizome abgerissen und fragmentiert werden. Bei flächiger Verwertung dieser kontaminierten Erde in Oberflächennähe kann der Staudenknöterich massiv ausgebreitet werden.

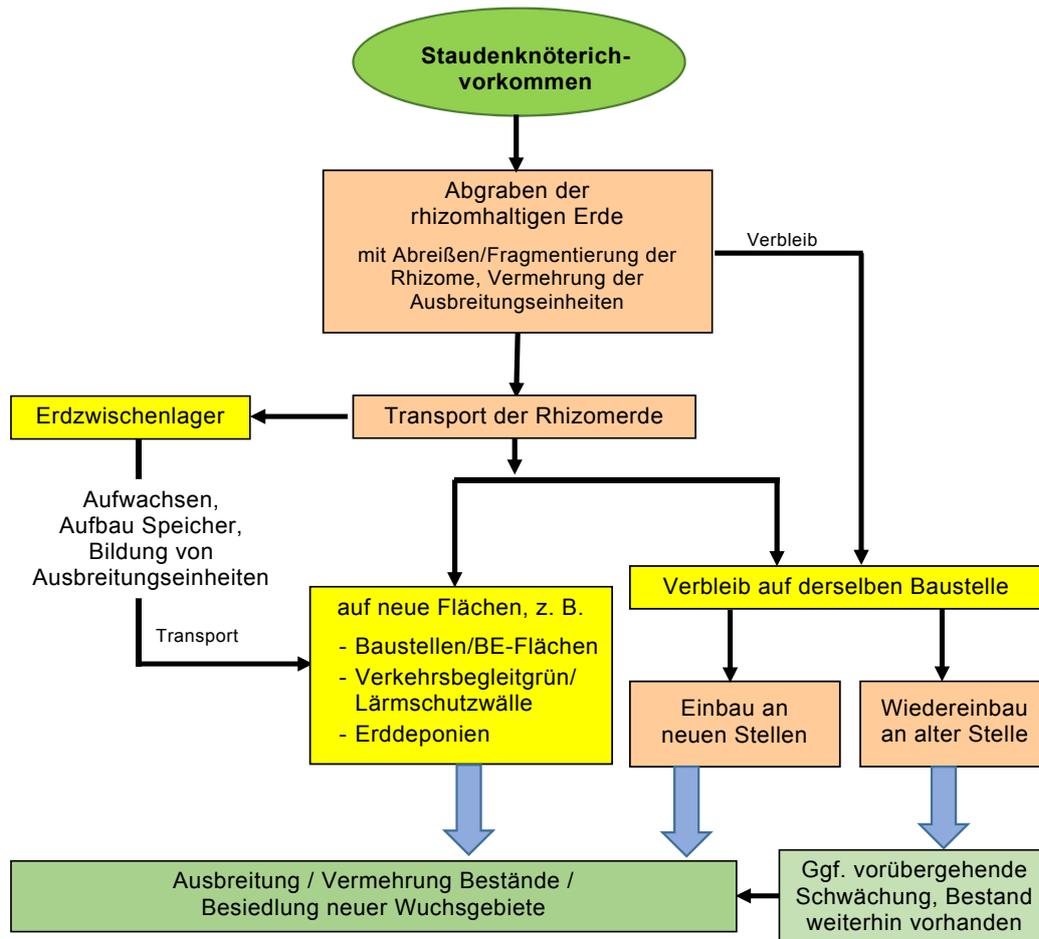


Bild 22: Mögliche Ausbreitungswege bei der unbeabsichtigten Verschleppung von Staudenknöterich-Rhizomen mit Erde

Die Ausbreitung kann entweder auf Flächen in der Nähe des ehemaligen Knöterichwuchs-ortes oder nach Transport auf einer oder mehreren neuen Flächen erfolgen. Wird die „Rhizom-Erde“ in ein Erdzwischenlager oder auf Baustellen transportiert oder z. B. zu Lärmschutzwällen aufgeschüttet, können hier ggf. neue Bestände entstehen. Dabei können potenziell auch Überdeckungen von mehreren Metern durchwachsen werden.

5.4.2 Möglichkeiten zur Verhinderung der Rhizomverschleppung mit Erde

Ansatzpunkte zur Verhinderung der Verschleppung der Rhizome und damit zur Ausbreitungsprävention sind in der folgenden Grafik (Bild 23) in Rot aufgeführt.

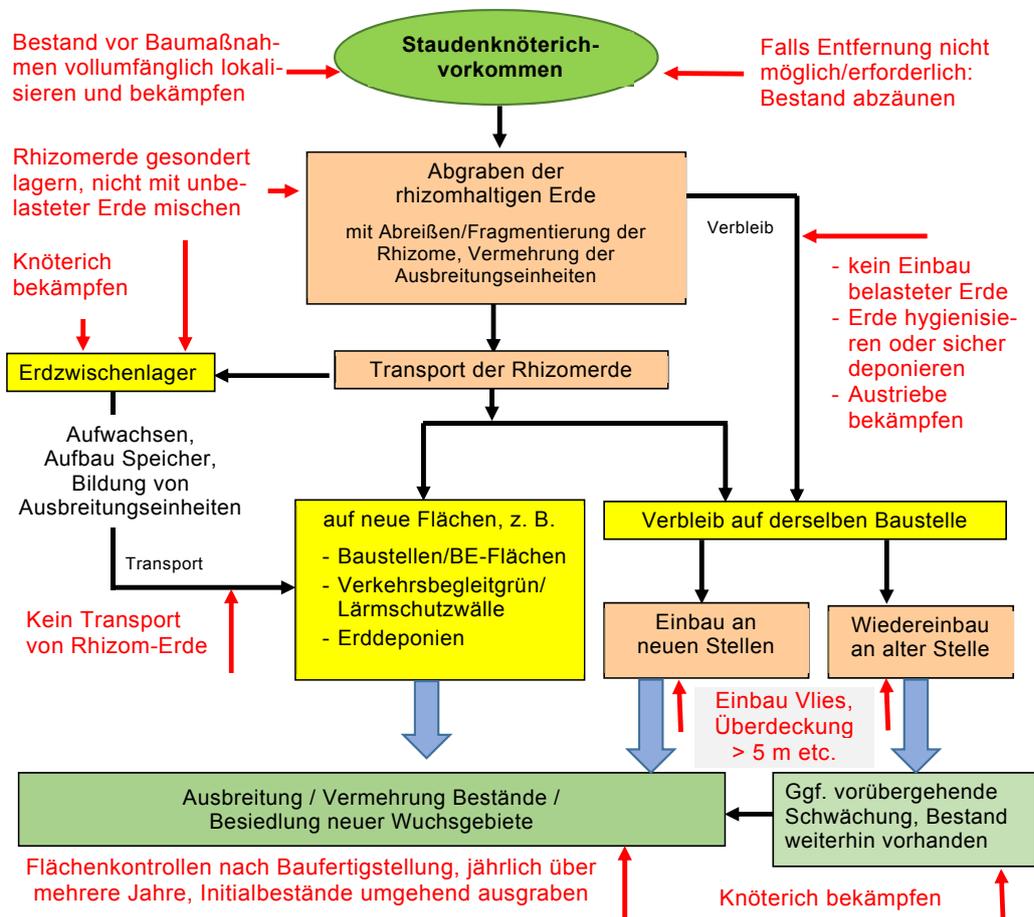


Bild 23: Mögliche Ausbreitungswege bei der unbeabsichtigten Verschleppung von Staudenknöterich-Rhizomen mit Erde und Ansatzpunkte (rot) für Maßnahmen zur Ausbreitungsprävention und Bekämpfung

Voraussetzung für eine Umsetzung von präventiven Vermeidungsmaßnahmen ist, dass der Staudenknöterich und eine mögliche „Belastung“ des Erd- bzw. Baumaterials rechtzeitig erkannt werden. Staudenknöterichbewuchs lässt sich in der Vegetationszeit aufgrund der großen Blätter und des üppigen Wuchses der Sprosse relativ leicht erkennen. Oft können Knöterichvorkommen auch im Winter oder zeitigem Frühjahr gut festgestellt werden, wenn im Herbst keine Mahd stattgefunden hat und die glänzendbraunen, abgefrorenen Sprosse noch auf der Fläche stehen (vgl. Bild 24). Rhizome in frisch aufgeschüttetem Erd- bzw. Baumaterial sind dagegen schwierig festzustellen, vor allem, wenn sie fragmentiert sind.



Bild 24: Abgestorbene vorjährige Sprosse und Neuaustrieb von Staudenknöterich im Frühjahr (Foto: B. Alberternst, Mitte April 2009)

5.4.3 Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Verschleppungsprävention mit Erde

Akteure und Institutionen wie Ingenieur- und Umweltplanungsbüros, Baufirmen, Straßenbetriebsdienste/Meistereien und Bauhöfe sowie Fach- und Genehmigungsbehörden, welche im Straßenraum und dem Verkehrsbegleitgrün entsprechende Erd- und Pflegearbeiten planen, betreuen und umsetzen, sollten über die Knöterichproblematik, das Aussehen der Pflanzen sowie Maßnahmen zur Ausbreitungsprävention und Bekämpfung informiert sein. Ziel ist dabei, dass entsprechende Maßnahmen auch gezielt vorgenommen werden.

Bei Empfehlungen zum Umgang mit Staudenknöterichen im Verkehrsbegleitgrün von Bundesfernstraßen ist generell zu unterscheiden, ob ein bestimmtes Bauprojekt mit anfallenden Erdarbeiten (Neu- und Ausbau, Sanierung) und den Phasen Planung, Genehmigung, Bau und Entwicklungspflege vorliegt oder ob der Umgang mit den Staudenknöterichen im Zuge der allgemeinen Straßenunterhaltung inklusive der Pflege des Verkehrsbegleitgrüns durch die Straßenbetriebsdienste/Meistereien und Bauhöfe erfolgt.

Verschleppungsprävention im Rahmen von Baumaßnahmen

Maßnahmen zur Verhinderung der Verschleppung von Knöterichrhizomen sollten im Rahmen von Baumaßnahmen schon frühzeitig in der Planungsphase berücksichtigt werden. Dabei sind im Rahmen der gegebenenfalls vorgelagerten Untersuchungen und Kartierungen (z. B. Biotoptypenkartierung) bereits entsprechende Bestände zu lokalisieren und zu bewerten. Im Rahmen der weiteren Planung kann dann z. B. durch entsprechende Ausarbeitung von Planungsvarianten das Risiko einer Ausbreitung der Staudenknöteriche vermieden oder reduziert werden. Weitere Empfehlungen beziehen sich auf die Phase der Ausführungsplanung und Ausschreibung sowie der eigentlichen Bauphase mit Bauüberwachung und Nachkontrollen (Tabelle 12).

Darüber hinaus sind auch für die Straßenbetriebsdienste, denen die tägliche Unterhaltung und Pflege des Fernstraßennetzes inklusive der Pflege des Verkehrsbegleitgrüns obliegt, spezielle Hilfestellungen einzurichten. Empfohlen werden hier:

- Information/Fortbildung der Streckenwarte und anderer zuständiger Personen in den Straßenbetriebsdiensten zum Erkennen der Staudenknöteriche, zu der mit den Arten verbundenen Problematik und mögliche Bekämpfungsmethoden

- Erstellung von Anweisungen und Vorgaben zur Erfassung und Bewertung von Staudenknöterich-Vorkommen durch Straßenbetriebsdienste oder Dritte (Angabe Lage/Streckenkilometer, Bestandsgröße, Gefährdungspotenzial für Verkehrssicherheit (Priorisierung) etc.), ggf. Bereitstellen von GPS-Geräten, regelmäßige Datenerfassung
- Zuständigkeiten für Veranlassung, Betreuung und Nachkontrolle der Bekämpfungsmaßnahmen regeln, Erfolgskontrollen vornehmen und dokumentieren
- Daten zu Beständen, Bekämpfungsmaßnahmen und Erfolgskontrollen zur zentralen Verwaltung weiterleiten (z. B. Länderbehörden, BASt, Autobahn GmbH)

Planungsphase/vor Baubeginn
Erfassung von Beständen des Staudenknöterichs
<ul style="list-style-type: none"> • Im Rahmen der Bestandserfassung und vorgelagerten Untersuchungen gezielte Suche nach Staudenknöterich im Planungsraum, insbesondere im konkreten Baufeld und auf bauzeitlichen Nebenflächen (z. B. Baustelleneinrichtung, Lager-/Mietenflächen). Gegebenenfalls auch auf Flächen, die bereits in der Planungsphase für die Gewinnung von anzuliefernden Erden/Substraten bestimmt werden. • Erfassungszeiten ca. Mitte Mai bis Mitte Oktober
Allgemeine Vorgaben zur Prävention der Einschleppung
<ul style="list-style-type: none"> • Im Rahmen der Ausschreibung generelle Hinweise über Problematik und Maßnahmen zur Ausbreitungsprävention von Staudenknöterichen <ul style="list-style-type: none"> ◦ Formulierung von Anforderungen zur Besatzfreiheit von Staudenknöterich der angelieferten Erden und Substrate (z. B. Sichtkontrollen der angelieferten Fuhrn, der Herkunftsflächen/Zwischenlager, Eigenerklärung der Lieferanten) ◦ Staudenknöterichbestände auf Herkunftsflächen/Zwischenlagern ggf. auskartieren, rhizobelastetes Material nicht verwenden • Entsprechende Rechtslage/Bauvorschriften der Länder klären • Generelle Information der Erddeponiebetreiber (Kommunen/Landkreise/Private) zur Problematik und Maßnahmen zur Ausbreitungsprävention von Staudenknöterich
mit Staudenknöterich-Nachweis im Planungsgebiet
<ul style="list-style-type: none"> • Auskartierung der Staudenknöterichbestände in der Vegetationsperiode mit flächenscharfer Bestandserfassung, Ermittlung Fläche, Bestandshöhe, Dichte, Abschätzung Alter Bestand (alt/jung) als Hinweis auf Ausbildung des Rhizomsystems • Berücksichtigung in der weiteren Planung <ul style="list-style-type: none"> ◦ Prüfung/Entwicklung alternativer Planungsvarianten mit Umgehung/Reduzierung der Betroffenheit der Staudenknöterichbestände ◦ Einhaltung von Sicherheitsabständen/Pufferstreifen, Erstellung von Abzäunungen ◦ Gegebenenfalls gesonderte Planung des Aushubs mit Nachbehandlungs-/Entsorgungskonzept • Durchführung geeigneter Eindämmungs- und Bekämpfungsmaßnahmen <ul style="list-style-type: none"> ◦ Prüfung, ob Bekämpfung im Vorfeld der Baumaßnahme möglich ◦ Hinweise zu Vorbereitung/Mahd und Mähgutentsorgung, Methoden, Dauer, Entsorgung ◦ Bei Neben-/Randflächen Bewertung des Ausbreitungsrisikos, Prüfung von Wuchssperren • Keine Baustelleneinrichtungsflächen mit Lagerung von Material/Baustoffen im Wuchsbereich von Staudenknöterich • Bei Bedarf konkrete Ausschreibungspositionen/Leistungsbeschreibungen/Abfrage von einzelfallbezogenen Umsetzungskonzepten beim AN zum Umgang mit belasteten Material auf der Baustelle wie <ul style="list-style-type: none"> ◦ Verpflichtende Kontrollen auf eingeschleppte Knöterichbestände und deren Entfernung sowie mehrjährige Nachkontrollen der Erdablagerungen nach Baufertigstellung ◦ Fachgerechter Ausbau von Böden mit Knöterichbestand, Maschineneinsatz, getrennte Durchführung zu anderen Erdarbeiten, Mengenermittlung, Flächenermittlung für Zwischenlager, ggf. Bekämpfungs-/Nachbehandlungsflächen ◦ Vorgaben zur Entsorgung (Massenbilanzen, Entsorgungspflichten/-nachweise) ◦ Kontrolle der entsprechenden Transportvorgänge und Zwischenlagerungen (Aufwuchskontrolle, zeitnahe Entfernung von aufkommenden Trieben) ◦ Überwachung eines Rückeinbaus bzw. neu angelegter Grünflächen z. B. bezüglich einer sicheren Überdeckung und/oder einer effektiven Nachkontrolle und Nachsorge

Tab. 12: Maßnahmen zur Prävention der Staudenknöterich-Ausbreitung im Planungsprozess sowie in der Umsetzungsphase von Bauprojekten

Bauphase
Maßnahmen zur Prävention der Einschleppung
<ul style="list-style-type: none"> • Ggf. Sensibilisierung der Ökologischen und/oder Bodenkundlichen Baubegleitung • Von außen angelieferte Erden/Baustoffe auf Staudenknöteriche prüfen (Sichtprüfung, sind offensichtlich Blatt-/Stängelreste und/oder Rhizome enthalten?) • Nur unbelastetes Material verwenden, belastete Chargen soweit möglich zurückweisen oder getrennt zwischenlagern
mit Staudenknöterich-Nachweis im Baustellenbereich
<ul style="list-style-type: none"> • Im unmittelbaren Baufeld vorhandene Staudenknöterichbestände vor eigentlichem Baubeginn entfernen <ul style="list-style-type: none"> a) Rhizome ausgraben und sicher entsorgen (ggf. Zwischen-/Nachbehandlung) b) Resterde sowie Erde im Umkreis von >2 m vom Rand des Knöterichbestandes abgraben und diese möglichst auf der Baustelle belassen, gesondert lagern c) Kontrolle der zwischengelagerten, potenziell belasteten Erde auf Austriebe von Staudenknöterich d) bei Einzelpflanzen (vgl. Bild 25) Ausgraben, bei massivem Austrieb sichere Entsorgung oder Bekämpfungsmaßnahmen am Boden-Rhizomgemisch (z. B. Crushing, Dämpfen, in Folie einschließen, ggf. Einbau in Tiefen mit mindestens 5 m Überdeckung) • Keine Durchmischung von belasteter mit unbelasteter Erde • Keine Verteilung belasteter Erde im Baustellenbereich, auf Erdwällen usw., zur Auffüllung und Abdeckung nur rhizomfreie Erden/Baumaterialien verwenden (Ausschreibung) • Baumaschinen nach Arbeiten in Bereichen mit rhizobelasteter Erde reinigen • Bei trotz Prävention aufwachsenden Knöterichpflanzen aus zwischengelagerten oder neu eingebauten Erden/Baustoffen die Pflanzen mitsamt Rhizomen umgehend entfernen und sicher entsorgen • Nachkontrollen in derselben und ggf. der folgenden Vegetationsperiode, bei Aufwuchs Nacharbeiten, danach nochmals kontrollieren, Nacharbeiten/Kontrollen fortsetzen bis kein Nachtrieb mehr aufwächst
Nach Baufertigstellung
Maßnahmen zur Prävention der Einschleppung
<ul style="list-style-type: none"> • Jährliche Kontrolle auf aufwachsende Knöterichpflanzen in den auf die Baufertigstellung oder die Fertigstellung größerer Teilbereiche folgenden drei Vegetationsperioden (mindestens einmal pro Jahr zwischen Juni und September) • Bei Auftreten alle Knöterichpflanzen sorgfältig mit Rhizomen ausgraben und sicher entsorgen (± von Erde befreite Rhizome/Sprosse in Müllverbrennung) <ul style="list-style-type: none"> ◦ mindestens zwei Durchgänge pro Jahr zwischen Juni und September bis über eine vollständige Vegetationsperiode keine Staudenknöteriche mehr nachgewiesen wurden ◦ Nachkontrollen über drei Jahre nach Sanierung durchführen (mindestens einmal pro Jahr zwischen Juni und September) • Generell: Pflegefirmen schulen – wenn diese Knöterich bei Durchführung der Pflegearbeiten finden, Bestand dokumentieren (Lage, Fotos) und der zuständigen Meisterei mitteilen

Tab. 12: Fortsetzung



Bild 25: Vor kurzer Zeit eingeschleppte noch kleine Staudenknöterich-Vorkommen an einer Böschung. Derartige Vorkommen sollten registriert und umgehend vollständig entfernt (z. B. ausgegraben) werden, bevor sich großflächige Staudenknöterichbestände entwickeln (Foto: B. Alberternst 31.07.2014)

6 Durchführung von In situ-Studien (Praxistest ausgewählter Bekämpfungsmethoden)

6.1 Erkundung und Auswahl der Standorte

6.1.1 Standortrecherchen

Die Recherche von möglichen Standorten für die Durchführung von Praxisversuchen erfolgte auf verschiedenen Ebenen: Zum Teil wurden spezifische Institutionen, hier dann in der Regel aus dem Bereich Straßenbetriebsdienst, angefragt, ob Flächen mit Befall durch Staudenknöterich im Zuständigkeitsbereich auftreten. Deutlich überwiegend wurden die Institutionen aber gezielt kontaktiert, nachdem in deren Zuständigkeitsbereich durch Bearbeiterinnen und Bearbeiter des Projektes Knöterichbestände festgestellt worden oder diesen schon länger bekannt waren. Bei dieser Vorrecherche fand eine Konzentration auf die Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg und Hessen statt. Neben der BAST selbst wurden Institutionen und Einzelpersonen aus den folgenden Bereichen im Zuge der Recherche kontaktiert:

Fachbehörden

- Straßenbau
 - Hessen mobil (Wiesbaden, Frankfurt, Dillenburg)
 - Autobahndirektion Nordbayern (Nürnberg, Neumarkt/Oberpfalz)
 - verschiedene Autobahnmeistereien in Hessen und Nordbayern
- Naturschutz
 - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) Nordrhein-Westfalen
 - Untere Naturschutzbehörde (UNB) im Landkreis Darmstadt
 - Biostation Stolberg
- Forstwirtschaft
 - Hessen Forst (FA Wetzlar, FA Wettenberg)
- Wasserwirtschaft, Gewässerunterhaltung
 - Betriebshof Riegel (RP Freiburg)

Kommunen

- Stadt Oettingen in Bayern
- Gemeinde Hainsfarth
- Gemeinde Gerolfingen

Im Rahmen einer ersten Einordnung und Überprüfung der möglichen Standorte für Praxisversuche wurden grundlegende Voraussetzungen wie Lage im Straßenraum, Zugänglichkeit und die grundlegende Kooperationsbereitschaft der zuständigen Institutionen und Personen abgefragt. Bei der überwiegenden Zahl der Kontakte im Bereich der Straßenbetriebsdienste war ein Verständnis für die Problematik und eine Kooperationsbereitschaft

vorhanden. Bei betroffenen Kommunen musste zum Teil grundlegende Aufklärungsarbeit zur Neophytenproblematik und speziell zu den Staudenknöterichen durchgeführt werden.

6.1.2 Bewertungskriterien für die Eignungsprüfung der Versuchsstandorte

Die nach der ersten Auslese verbleibenden potenziellen Standorte wurden für eine vertiefte Untersuchung aufgesucht und dokumentiert. Zum Teil fand die Begutachtung vor Ort im Beisein der zuständigen Kontaktpersonen statt. Dieser zweite Untersuchungsschritt beinhaltete eine systematische Bewertung der Standorte nach festen Bewertungskriterien. Dabei wurde die Eignungseinschätzung für die Durchführung eines Praxisversuches weiter konkretisiert und gegebenenfalls eine Vorauswahl des jeweils einzusetzenden Bekämpfungsverfahrens bzw. der verschiedenen Varianten durchgeführt.

Als Bewertungskriterien für die Eignungseinstufung der Versuchsstandorte wurden zunächst die Bestandsgröße, die räumliche Lage zur Straße, die Abgrenzbarkeit des jeweiligen Knöterichbestandes und die Zugänglichkeit der möglichen Bekämpfungsflächen erfasst. So sollten für die Durchführung von Bekämpfungsversuchen im Rahmen des Forschungsprojektes die Fläche eines betrachteten Einzelbestandes nicht zu groß sein (vgl. Tabelle 13), im Idealfall direkt im Begleitgrün einer Bundesfernstraße liegen und eine ausreichende Zugänglichkeit aufweisen. Dabei wurde jedoch Wert auf das Auftreten verschiedener, straßentypischer Raumsituationen gelegt (Böschung, Mittelstreifen, Schutzplanken etc.). Knöterichbestände treten selten als räumlich isolierte Einzelbestände auf, sondern oft in mehr oder weniger zusammenhängenden Herden oder Teilbeständen. Besonders von Bedeutung ist daher auch eine Abgrenzung der ausgewählten Bekämpfungsflächen gegenüber anderen Knöterichbeständen im Sinne eines ausreichend großen Abstands von mindestens 15 m, damit eine unterirdische Verbindung durch das weitreichende Rhizom-Wurzelsystem nicht zu einer Verfälschung von Ergebnissen führen kann. Zudem wurde Wert auf eine Abgrenzung gegenüber Gehölzbeständen gelegt, damit hierüber keine Einschränkung der Bekämpfungsmöglichkeiten erfolgte.

Nicht zuletzt wurden auch Faktoren wie der Grad der Kooperationsbereitschaft der betroffenen Institutionen und Einzelpersonen sowie die Erreichbarkeit (Entfernung) der einzelnen Standorte zu den Standorten der Bearbeiter im Forschungsprojekt miterfasst. Die folgende Tabelle 13 zeigt die Bewertungsaufschlüsselung der aufgeführten Kriterien.

	geeignet	bedingt geeignet	ungeeignet
Bestandsgröße	< 100 qm	> 100 qm – 300 qm	> 300 qm
räumlicher Bezug	Unmittelbare Straßenbegleitflächen	Umfeld Straße	außerhalb Straßenraum
Abgrenzbarkeit des Bestandes	Verbindung zu angrenzenden Beständen (Knöterich, Gehölze) weitgehend auszuschließen	Verbindung zu angrenzenden Beständen nicht auszuschließen	Verbindung zu angrenzenden Beständen wahrscheinlich
Zugänglichkeit	Mit Maschinen und zu Fuß gut erreichbar	Zugang möglich, aber etwas umständlich, eingeschränkter Zugang mit Maschinen	Nicht oder schwer mit Maschinen oder zu Fuß zu erreichen
Unterstützung	Betreiber zeigt großes Interesse und ist kooperationsbereit	Betreiber ist mit Maßnahmen einverstanden, zeigt aber keine größere Eigeninitiative	Kein Interesse, keine Unterstützung
Erreichbarkeit im Projekt	Anfahrt < 1h	Anfahrt 1 – 2 h	Anfahrt > 2 h

Tab. 13: Bewertungskriterien zur Eignungsfindung von möglichen Staudenknöterichvorkommen für die Durchführung von Praxisversuchen

Die Standortrecherchen und Vororterkundungen wurden im Frühjahr und Sommer 2020 durchgeführt. Je nach Lage wurden die Knöterichbestände ab Ende April oder Mai als rezenter Aufwuchs begutachtet und bzgl. Flächenumfang, Abgrenzung und Artzugehörigkeit genauer eingeschätzt.

Die folgenden Bilder zeigen beispielhaft die Erkundung potenzieller Standorte für Bekämpfungsversuche an Staudenknöterichbeständen im Frühjahr 2020 an der BAB A9 bei Nürnberg (Zuständigkeitsbereich der Autobahnmeisterei Fischbach).

Das Bild 26 dokumentiert die Begutachtung des abgefrorenen Altbestandes und rezenten Wiederaustriebs des Staudenknöterichs im Mittelstreifen der BAB A9 am 22.04.2020. Die Lage im Mittelstreifen zwischen Betonwand und Schutzplanke lassen hier nur unter erschwerten Bedingungen eine Bekämpfung zu. Bild 27 zeigt die Erfassung im Böschungsbereich der A9. Hier ist die Zugänglichkeit besser, jedoch sind angrenzende Gehölzbestände oder die Abstände zwischen einzelnen Knöterichherden zu beachten.



Bild 26: A9 bei Nürnberg – Begutachtung des Staudenknöterichs im Mittelstreifen mit Schutzplanken (22.04.2020)



Bild 27: Aufnahme eines Staudenknöterich-Bestandes im Böschungsbereich (22.04.2020)

Im Rahmen der Recherchen und Vorerkundungen wurden in einem ersten Schritt 25 potenzielle Versuchsstandorte ermittelt. Von den 25 potenziellen Standorten aus der Vorerkundung sind nach Durchführung der ersten Eignungsprüfung mit Vorort-Erkundungen 17 Standorte für eine weitere Planung von Praxisversuchen übriggeblieben.

6.1.3 Arbeitsschritte zur Konkretisierung des Versuchsdesigns

Die Bekämpfungsverfahren, die in einem ersten Schritt für eine Anwendung im Begleitgrün an Bundesfernstraßen in der Vorauswahl waren, sind in Tabelle 14 aufgelistet (vgl. Kapitel 4.1).

Bekämpfungsverfahren	Bemerkungen
Abdecken mit Vlies/Folie mit vorherigem Abtrag des rhizomhaltigen Oberbodens	<ul style="list-style-type: none"> • erfordert Erdarbeiten • Anfall von Rhizom-Bodengemisch
Ausreißen/Ausgraben händisch	<ul style="list-style-type: none"> • für Kleinbestände • Ausreißen in Kombination mit händischem Ausgraben (bis ca. 0,5 m Tiefe) • Anfall von Biomasse
Ausgraben maschinell	<ul style="list-style-type: none"> • mit Bagger • Anfall von Rhizom-Bodengemisch
Strom (Elektrolanze)	<ul style="list-style-type: none"> • Behandlung mit Starkstrom
Heißwasser	<ul style="list-style-type: none"> • Applikation mit Dusche und Lanze
Drahtgitter	<ul style="list-style-type: none"> • in Anlehnung an Verfahren Mesh-Tech (Cercle exotique (2019))
„Sarkophag“ – Einbau von Aushub in Vliestasche	<ul style="list-style-type: none"> • Kombination aus „Abdecken mit Vlies/Folie“ und „Ausgraben maschinell“

**Tab. 14: Bekämpfungsverfahren mit einer grundsätzlichen Eignung für eine Anwendung im Verkehrs-
begleitgrün von Bundesfernstraßen.**

Im Winter 2020/2021 und Frühjahr 2021 sind die verschiedenen Versuchsdesigns weiterbearbeitet und konkretisiert worden.

Dazu gehörten:

- Weitere Recherchen zur konkreten materialtechnischen Umsetzung und den standörtlichen Anforderungen der verschiedenen Bekämpfungsverfahren
- Vertiefende Recherche und Befragung von Spezialunternehmen (Pflanzenbekämpfung mit Strom, Pflanzenbekämpfung mit Heißwasser, Vertrieb und Verlegung von Wurzelvlies, Dämpfung Boden-/Rhizommaterial, Steinbrechfräsen, Baggerarbeiten etc.) zur Weiterentwicklung der Planung sowie Abschätzung der zeitlichen und finanziellen Aufwendungen
- Recherchen bei einschlägigen Behörden und Unternehmen der Abfallwirtschaft zur Ermittlung der Möglichkeiten und Kosten einer Verwertung bzw. Kompostierung oder Entsorgung von im Rahmen der Bekämpfung anfallendem Grüngut- und Bodenmengen (oberirdischer Aufwuchs, Rhizome, Rhizom-Boden-Gemische etc.)
- Erste Ausführungsplanungen mit Einplanen der erforderlichen Materialien und Geräte, Abschätzen der anfallenden Grüngut- und Bodenmengen sowie Kostenschätzungen
- (End-)Abstimmung mit Verkehrsbehörden sowie den betroffenen Straßenmeistereien und Gemeinden
- Kritische Beurteilung der vorausgewählten Verfahren sowie der Bekämpfungsfähigkeit und -würdigkeit der verschiedenen Knöterichbestände aufgrund der zusätzlich gewonnenen Erkenntnisse, insbesondere bezüglich
 - ihrer Relevanz für Verkehrsbegleitgrün/Böschungen an Bundesfernstraßen (Anwendbarkeit, Sicherheitsfragen, Auflagen/Bedenken durch Meistereien)

- des erwartbaren Erkenntnisgewinnes
- des zu erwartenden Kosten-/Nutzen-Verhältnisses (inklusive Folge-/Entsorgungskosten)
- der Budgetgrenzen im Rahmen des Forschungsprojektes
- Konkrete Mengenermittlungen und Ausführungsplanung mit Formulierung von Leistungsverzeichnissen und Anfragen bei verschiedenen, für eine Umsetzung der Bekämpfungsmaßnahmen infrage kommenden Dienstleistungsfirmen (inklusive kurzfristiger Anpassungen aufgrund unvorhersehbarer Entwicklungen)
- Abschließende Auswahl der Bekämpfungsverfahren und der entsprechenden Versuchsstandorte

6.1.4 Abschließende Auswahl der Bekämpfungsverfahren

Die endgültige Auswahl der Bekämpfungsverfahren, welche für die Praxistests im Forschungsprojekt herangezogen werden, ist in der folgenden Tabelle 15 dokumentiert und begründet. Das Entscheidungsverfahren dafür erfolgte im Rahmen der im Kapitel 6.1.3 skizzierten Arbeitsschritte.

Bekämpfungsverfahren	Anwendung in den Praxistests	Begründung
Abdecken mit Vlies/Folie inklusive vorherigem Abtrag des rhizomhaltigen Oberbodens	nein	<ul style="list-style-type: none"> • nachgelagerte Entsorgungsproblematik (Verfahren führt durch Abnehmen der oberen Schicht von ca. 30 bis 50 cm (inkl. Pufferbereich) zu einem Anfall an schwer zu verwertendem bzw. aufwendig zu entsorgendem Boden-/Rhizomgemisch (→ Müllverbrennung) • Gefahr der „Infizierung“ weiterer Flächen durch unsachgemäßen Umgang mit dem anfallenden Material • zusätzliches Ausheben von seitlichen „Verankerungs“-Gräben bis ca. 1 m Tiefe erforderlich (Zugänglichkeit auf steiler Autobahnböschung, Eingriff in Böschungskörper) • erfordert Abdeckung mit unbelastetem Boden und Neueinsaat, im Böschungsbereich zusätzlicher Einbau von Erosionsschutzmatten notwendig • Verfahren wird schon einige Jahre angewendet (z. B. größere Flächen auf Deponien, zum Teil auch Straße). Es gibt eine Spezialfirma (NL), die größere Projekte mit speziellen Nähverfahren umsetzt. Weiterhin sind verschiedene Klebetechniken bekannt (→ Gewinn wesentlicher neuer Erkenntnisse fraglich) • bei kleinen/mittleren Flächen wegen überproportionalem Aufwand für die erforderlichen Pufferstreifen und Verankerungsgräben eher nicht geeignet • für Verkehrssektor wegen Eingriff in Böschungskörper sowie Entsorgungsaufwand des anfallenden Boden-Rhizom-Gemisches eher nicht empfehlenswert. Mögliche Ausnahme: Großflächen mit geregelter Entsorgung, ebene Flächen außerhalb von Böschungen
Ausgraben/Ausreißen händisch	ja	<ul style="list-style-type: none"> • arbeitsintensiv (man power), aber für Klein- und Initialbestände potenziell empfehlenswert (z. B. im Rahmen eines „Fallopia-Monitorings“) • durch Trennen der Biomasse (Sprosse, Rhizome) vom Boden ist eine leichtere Entsorgung/Verwertung möglich (geringerer Massenanteil, Verbrennen, Kompostierung nach Trocknung, je nach Region/Kompostierungsanlage auch Verwertung durch Frisch-Kompostierung möglich)

Tab. 15: Endgültige Auswahl der Bekämpfungsverfahren für die Praxistests

Bekämpfungs- verfahren	Anwendung in den Praxistests	Begründung
Ausgraben (maschinell)	nein	<ul style="list-style-type: none"> • teuer, insbesondere auch durch nachgelagerte Aufbereitung (z. B. Dämpfen) oder Entsorgungsproblematik (Anfall größerer Mengen an schwer zu verwertendem Rhizom-Bodengemisch; inklusive breitem Pufferbereich um den ausgegrabenen Bestand) • Gefahr der „Infizierung“ weiterer Flächen durch unsachgemäßen Umgang mit dem anfallenden Material • tiefer Eingriff in Böschungskörper • erfordert Wiederherstellung der Böschung mit unbelastetem Substrat und Neueinsaat • kein innovatives Verfahren (→ Gewinn wesentlicher neuer Erkenntnisse fraglich)
Strom (Elektrolanze)	ja	<ul style="list-style-type: none"> • relativ neues Verfahren • Oberflächenbehandlung mit prognostizierter Tiefenwirkung (Auswirkung auf Rhizome) <ul style="list-style-type: none"> ◦ ohne direkten Eingriff in Bodenkörper ◦ ohne Anfall von zu entsorgendem Material • Auch für Flächen geeignet, an denen eine flächige Bearbeitung nicht möglich ist (z. B. Bereiche mit Schutzplanken, Schildern, Mittelstreifen, Böschungen) • Erfordert Stellmöglichkeit für das Fahrzeug mit dem Stromgenerator in räumlicher Nähe zum Bestand
Heißwasser (Dusche/Lanze)	ja	<ul style="list-style-type: none"> • in anderen Bereichen (kommunale Grünpflege) erprobtes Verfahren, spezielle Eignung für die Bekämpfung von Staudenknöterichen im Verkehrsbegleitgrün von Fernstraßen (Böschungssituation, Bodenstabilität) noch zu erproben • Oberflächenbehandlung mit etwas Tiefenwirkung (Auswirkung auf obere Rhizome) <ul style="list-style-type: none"> ◦ ohne direkten Eingriff in Bodenkörper (eventuell Erosionsgefahr/Ausspülungen) ◦ ohne Anfall von zu entsorgendem Material • auch für Flächen geeignet, an denen eine flächige Bearbeitung nicht möglich ist (z. B. Bereiche mit Schutzplanken, Schildern, Mittelstreifen) • erfordert Stellmöglichkeit für Fahrzeug und ggf. Tankwagen mit Wasservorrat in räumlicher Nähe zum Bestand • bei mittelgroßen und großen Beständen muss Möglichkeit zum Nachtanken für Wasser vorhanden sein (z. B. Hydrant, Meisterei, mitgeführter Tankwagen, evtl. Oberflächengewässer – Absprachen bzw. Genehmigungen erforderlich)
Drahtgitter	ja	<ul style="list-style-type: none"> • relativ neues Verfahren • spezielle Eignung im Verkehrsbegleitgrün von Fernstraßen (Böschungssituation, Unterhaltung, Wirksamkeit) noch zu erproben • Oberflächenanwendung ohne direkten Eingriff in Bodenkörper sowie ohne Anfall von zu entsorgendem Material • einmalige Anwendung (Einbau) zzgl. Beobachtung
„Sarkophag“ Einbau von Aus- hub in Vliestasche	nein	Kombination aus „Abdecken mit Vlies“ und „Ausgraben maschinell“ (Begründung siehe oben bei den beteiligten Bekämpfungsverfahren)

Tab. 15: Fortsetzung

6.1.5 Abschließende Auswahl der Versuchsstandorte

6.1.5.1 Versuchsstandorte für Praxistests im Projekt

Die endgültige Auswahl der Versuchsstandorte, auf denen im Rahmen der Praxistests Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt wurden, ist in der folgenden Tabelle 16 zusammengestellt. Für die in die Endauswahl übernommenen Standorte werden jeweils die Art der Bekämpfungsverfahren (zum Teil mehrere) sowie Anzahl der behandelten Einzelbestände aufgeführt.

Bezeichnung/Ort	Straße	Bundesland	Begründung
Friedrichsdorf, Lärmschutzwall	A5	Hessen	<ul style="list-style-type: none"> • mehrere mittelgroße und kleine Bestände, über großen Lärmschutzwall verteilt • 3 x Drahtgittereinbau • 5 x Ausgraben/Ausreißen händisch
Großenlinden, Lärmschutzwall	A45	Hessen	<ul style="list-style-type: none"> • ein mittelgroßer Bestand im Böschungsbereich • 1 x Strombekämpfung
Himmelgarten, Mittelstreifen	A9	Bayern	<ul style="list-style-type: none"> • langer Mittelstreifen mit Knöterichbefall, insgesamt drei Teilbestände • 1 x Heißwasserbekämpfung • 1 x Strombekämpfung • Bekämpfung jeweils von beiden Seiten des Mittelstreifens (Trennung durch ca. 1 m hohe Betonschutzwand)
Neunkirchen a. Sand, Lärmschutzwall	A9	Bayern	<ul style="list-style-type: none"> • ein mittelgroßer Bestand im Böschungsbereich • 1 x Heißwasserbekämpfung
Letten, nördlich, Lärmschutzwall	A9	Bayern	<ul style="list-style-type: none"> • ein mittelgroßer Bestand im Böschungsbereich • 1 x Drahtgittereinbau
Letten, südlich, Lärmschutzwall	A9	Bayern	<ul style="list-style-type: none"> • ein großer Bestand im Böschungsbereich • 1 x Heißwasserbekämpfung
Münchholzhausen, Lärmschutzwall	A45	Hessen	<ul style="list-style-type: none"> • ein mittelgroßer Bestand im Böschungsbereich • 1 x Strombekämpfung • Ersatzfläche für anderweitigen Wegfall
Autobahnkreuz Frankfurt Süd, Nebenfläche, eben	A3	Hessen	<ul style="list-style-type: none"> • ein mittelgroßer Bestand im Übergangsbereich Autobahn/ Betriebsstraße mit Schutzplanken • 1 x Strombekämpfung
Ortsumfahrung Aufkirchen, Grabenböschung	nicht klassifiziert	Bayern	<ul style="list-style-type: none"> • zwei kleine Bestände im Bereich Straßengraben mit Böschung • 2 x Ausreißen/Graben händisch

Tab. 16: Abschließende Auswahl der Versuchsstandorte

6.1.5.2 Betreuung und Auswertung von Bekämpfungsversuchen Dritter

Hessen-Forst führt seit 2020 an zwei Staudenknöterich-Vorkommen einen Bekämpfungsversuch mit einer Heißwasserbehandlung („Duschen“ der Blätter, Einstechlanze) durch. Die Bestände, ein Vorkommen des Sachalin-Knöterichs (*Fallopia sachalinensis*, vgl. Bild 28) und ein Bestand der Hybride *F. x bohémica*, liegen bei Dutenhofen an der Westspitze des Dutenhofener Sees in der Aue der Lahn sowie südlich von Gießen am Rand des Naturschutzgebiets Gießener Bergwerkswald.

Die Versuche werden von den Projektbearbeitenden ergänzend begleitet und die Ergebnisse in Absprache mit Hessen-Forst (Forstamt Wetzlar, Forstamt Wettenberg) im vorliegenden Projekt mit ausgewertet.



Bild 28: Sachalin-Staudenknöterich (*F. sachalinensis*) in der Lahnaue an der Westspitze des Dutenhofener Sees vor der ersten Heißwasserbehandlung (05.05.2020)

Das Bild 29 zeigt als Übersicht die räumliche Verteilung der ausgewählten Versuchsstandorte.

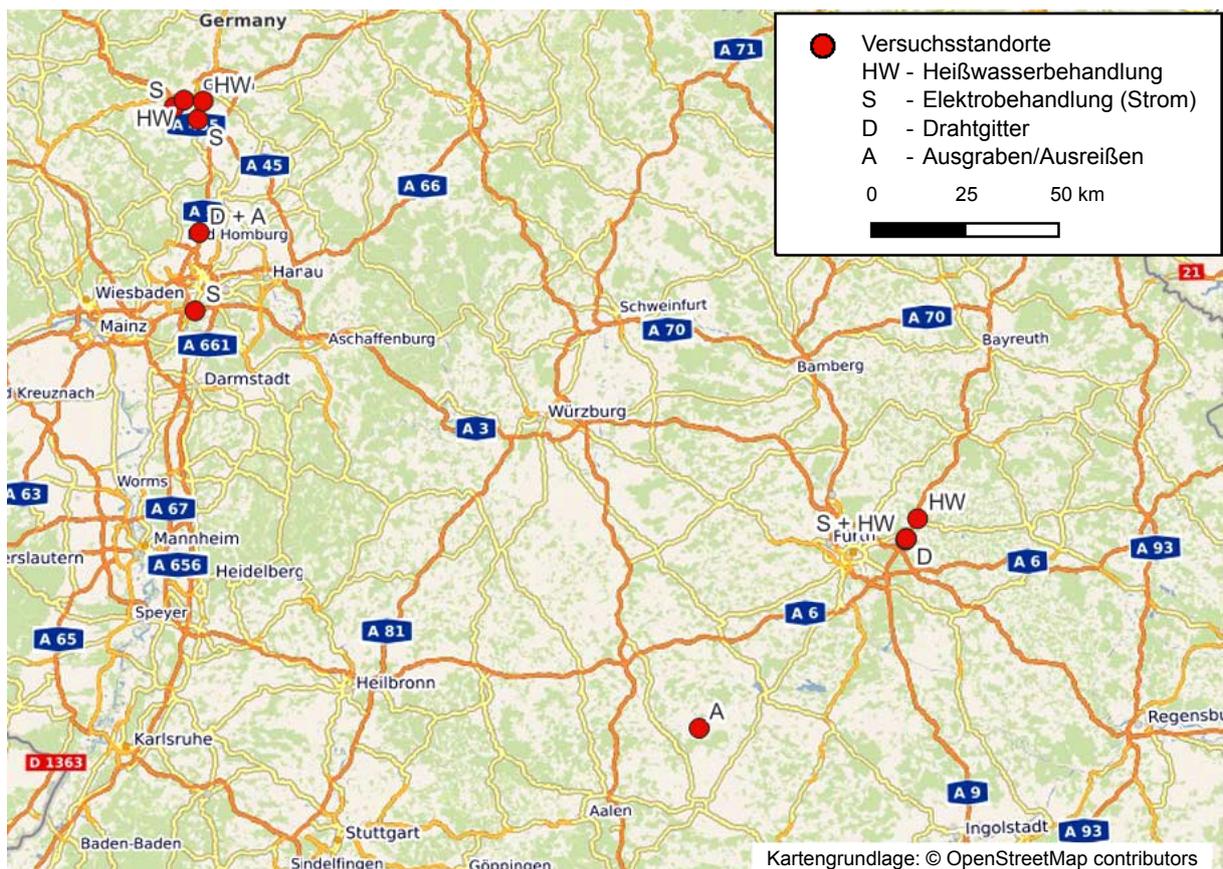


Bild 29: Räumliche Verteilung der ausgewählten Standorte für die Praxistests mit Angabe der jeweils angewandten Bekämpfungsmethoden (Kartendaten: Open StreetMap contributors)

6.1.5.3 Zum Ausschlussgrund „Vorkommen der Wild-Tulpe“ in den Knöterichbeständen an der B466 bei Oettingen (Wörnitzbrücke)

Vor der abschließenden Festsetzung der Versuchsstandorte (vgl. Tabelle 16 und Bild 29) sind einzelne der vorausgewählten Standorte ausgefallen oder die Bekämpfungsmaßnahmen mussten angepasst werden. Die Gründe für den Ausschluss von Versuchsstandorten waren vielfältig und hatten sich zum Teil erst im Laufe der konkretisierenden Umsetzungsvorbereitung gezeigt. Auf einen Fall wird im Folgenden ausführlicher eingegangen.

Der Wegfall der geplanten Testflächen bei Oettingen ist im Auftreten der Wild-Tulpe (*Tulipa sylvestris*) innerhalb der beiden Knöterichbestände begründet. Die Wild-Tulpe blüht nicht jedes Jahr und ist in den Knöterichbeständen nur über kurze Zeit im zeitigen Frühjahr zu erkennen. Bei der versuchsvorbereitenden Kontrolle des Entwicklungsstandes der Knöteriche Ende April 2021 (Maßnahmen mit Heißwasser und Strom waren für den 7. Mai geplant) sind die blühenden Bestände der Wild-Tulpe zwischen dem Knöterich aufgefallen. Die Wild-Tulpe ist in Deutschland und Bayern in ihrem Bestand gefährdet und nach Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV) besonders geschützt. Aufgrund dieses Nachweises ist eine Bekämpfung der Oettinger Knöterichbestände aus artenschutzrechtlichen Gründen nicht zulässig (§ 44 BNatSchG), da die Tulpen durch die Bekämpfungsmaßnahmen direkt geschädigt werden oder bei einem Rückgang/Verschwinden des Knöterichs auch indirekt Schaden nehmen könnten. Die spezifische Ökologie des Staudenknöterichs mit starker Frostempfindlichkeit, offenem Boden im Winter und spätem Austrieb im Frühjahr sowie nach dem Einziehen der Tulpe einer starken Verdrängung von sonstiger Konkurrenzvegetation im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode haben wohl die starke Entwicklung der Wild-Tulpe als Frühjahrsgeophyt an dieser Stelle gefördert. Unabhängig von den sonstigen Gefahren, die durch diesen invasiven Neophyten ausgehen, ist somit die häufige Aussage, Staudenknöteriche würden durch ihr Auftreten in geschlossenen Herden und ihre starke Dominanz sämtliche, sonstige Arten verdrängen, bezüglich einer möglichen Co-Existenz mit speziellen Frühjahrsblüheren zu relativieren (vgl. MOLDER 2023).

Das Bild 30 zeigt einen der Knöterichbestände mit den blühenden Wild-Tulpen, den hellen, abgefrorenen Knöterichstängeln vom Vorjahr sowie dem aktuellen rotbraunem Frühjahraustrieb zum Zeitpunkt der Aufnahme (28.04.2021).



Bild 30: Blühende Exemplare der Wild-Tulpe in einem Bestand des Stauden-Knöterichs an der B466 bei Oettingen (Foto: F. Molder, 28.04.2021)

6.2 Durchführung und Betreuung der Bekämpfungsmaßnahmen

Abschließende Zuordnung der eingesetzten Bekämpfungsverfahren zu den Beständen auf den ausgewählten Versuchsstandorten

Die Tabelle 17 zeigt in einer kompakten Zusammenschau der Kapitel 6.1.4 und 6.1.5 die endgültige Zuordnung der einzelnen Bekämpfungsmaßnahmen zu den Bestandsflächen auf den verschiedenen Standorten, wie sie ab dem Frühjahr 2021 umgesetzt wurden (Stand: Juni 2021). Die Sortierung erfolgt hier nach der Art des Bekämpfungsverfahrens, so dass Standorte mit mehreren, verschieden behandelten Beständen auch doppelt genannt werden.

Bekämpfungsverfahren	Standorte mit Anzahl und Einstufung der Bestände	Fläche m ²	Sippe* Fallopia	Land
Ausgraben/ Ausreißen händisch	A5 Friedrichsdorf, Wall	26	jap	He
	A5 Friedrichsdorf, Wall (4 Teilflächen)	je < 1	boh	He
	OU Aufkirchen, Straßenböschung	1	sac	By
	OU Aufkirchen, Straßengraben	8	sac	By
Strom (Elektrolanze)	A45 Großen-Linden, Wall	35	boh	He
	A9 Himmelgarten, Mittelstreifen	188	sac	By
	A45 Münchholzhausen, Wall	64	sac	He
	A3 AK Frankfurt Süd, Bankett	38	jap	He
Heißwasser	A9 Himmelgarten, Mittelstreifen	165	sac	By
	A9 Neunkirchen a. Sand, Wall	25	jap	By
	A9 Letten, Wall, südlich	99	sac	By
	<u>zusätzlich wissenschaftliche Betreuung von Bekämpfungen durch Hessen-Forst</u>			
	Dutenhofen, eben	566	sac	He
Bergwerkwald, eben (nach Abschieben des Oberbodens mit einem Teil der Rhizome)	247	boh	He	
Drahtgitter	A5 Friedrichsdorf, Wall	20	jap	He
	A5 Friedrichsdorf, Wall	4	boh	He
	A5 Friedrichsdorf, Wall	4	boh	He
	Letten, Wall, nördlich	35	sac	By
* Knöterichsippen jap = Fallopia japonica sac = Fallopia sachalinensis boh = Fallopia X bohemica				

Tab. 17: Ausgewählte Bekämpfungsverfahren für die Praxistests mit Zuordnung der Versuchsstandorte und Knöterichbestände

Die Bekämpfungsmaßnahmen werden überwiegend von Spezialunternehmen (Heißwasser, Strom) oder einem Landschaftsbauunternehmen (Einbau Drahtgitter, Ausgraben/Ausreißen händisch) durchgeführt.

Durch Mitglieder des Bearbeitungsteams (Baader Konzept/PBL) werden im Rahmen der konkreten Umsetzung der Bekämpfungsmaßnahmen folgende Leistungen erbracht:

- Planung und Koordination der Bekämpfungstermine
- konkrete Abgrenzung der zu bekämpfenden Bestände
- fachliche Betreuung und Überwachung der Bekämpfungen (inklusive Funktionskontrolle der eingebauten Drahtgitter)

- systematische Erfassung der Knöterichbestände auf eingemessenen und vermarkten Dauerbeobachtungsflächen im Vorfeld der einzelnen Bekämpfungstermine
- praktische Unterstützung beim Einbau der Drahtgitter und den händischen Ausgrabungen
- Information von Mitarbeitenden der betroffenen Betriebsdienste und Meistereien über den Inhalt und die Ziele des Forschungsvorhabens.

6.3 Dokumentation der Versuchsanlagen und Maßnahmendurchführung

Im Folgenden werden die Standorte mit den dort im Frühjahr 2021 (bzw. 2020 für die Bestände von Hessen-Forst) eingerichteten beziehungsweise begonnenen Bekämpfungsmaßnahmen in Form von Steckbriefen dokumentiert. Die Reihenfolge orientiert sich an der ursprünglichen Nummerierung der Standorte.

6.3.1 A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf/Seulberg (Drahtgitter, Ausgraben/Ausreißen)

Steckbrief – A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf	
Knöterichsippe: F. japonica, F. x bohemica	Bekämpfungsverfahren: a) Drahtgitter (3 Bestände) b) Ausgraben/Ausreißen händisch (5 Bestände) Bekämpfungsbeginn: Drahtgitter (Einbau): 27.05.2021 Nachlegen einer Drahtgitterbahn: 24.06.21 Ausgraben (1. Durchgang): 28.05.2021
Straße: BAB A5	Fahrtrichtung: Frankfurt
	
Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)	

Steckbrief – A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf

Einbau Drahtgitter



Einbau großes Drahtgitter am Standort Friedrichsdorf (27.05.2021)



Verbinden der Gitterbahnen mit Drahtschlaufen

Steckbrief – A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf



Fixieren der Gitterbahnen mit Spanndraht und Bodennägeln



Markierung der Drahtgitter nach Einbau (hier für die zwei kleineren Bestände)

Steckbrief – A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf

Ausgraben/Ausreißen (händisch) – erster Durchgang 2021



Ausgraben händisch am Standort Friedrichsdorf (A5, Nr. 08 He, 28.05.2021)



Abtransport des ausgegrabenen Aufwuchs-Rhizom-Gemisches von schwer zugänglichem Standort

6.3.2 A45 Lärmschutzwall bei Großen-Linden

Steckbrief – A45 Lärmschutzwall bei Großen-Linden	
Knöterichsippe: F. x bohemica	Teilfläche 9.2 (Böschungsfuß um Stromkasten) Bekämpfungsverfahren: Strom, Elektrolanze (1 Bestand) Bekämpfungsbeginn: Strom (1. Durchgang): 03.05.2021
Straße: BAB A45	Fahrtrichtung: Herborn

The map shows the town of Großen-Linden and the surrounding area. The A45 highway is highlighted in orange. A red circle marks the location of the noise barrier project near a power cabinet. The map also shows the town of Hüttenberg to the southwest and Herborn to the southeast. The terrain is shown in shades of green, and buildings are shown in grey.

Kartendaten: © [OpenStreetMap-Mitwirkende](#), [SRTM](#) | Kartendarstellung: © [OpenTopoMap](#) (CC-BY-SA)

Steckbrief – A45 Lärmschutzwall bei Großen-Linden

Strom



Starkstrombehandlung des jungen Austriebs mit Elektrolanze (03.05.2021)



Absicherung der Bekämpfungsfläche (03.05.2021)

Steckbrief – A45 Lärmschutzwall bei Großen-Linden



Stromzufuhr und Fahrzeug mit Generator (03.05.2021)



Detailaufnahme: Behandlung Jungaufwuchs im vorjährigen Altbestand (03.05.2021)



Knöterichpflanze unmittelbar nach Strom-Behandlung (03.05.2021)



Durch Strombehandlung „aufgekochter“ Spross einer Knöterichpflanze (03.05.2021)

6.3.3 A9 bei Himmelgarten, Mittelstreifen

Steckbrief – A9 bei Himmelgarten, Mittelstreifen	
Knöterichsippe: F. sachalinensis	Bekämpfungsverfahren: Strom, Elektrolanze (1 Bestand, 2 Teilflächen) Heißwasser (2 Bestände) Bekämpfungsbeginn: Strom (1. Durchgang): 05.05.2021 Heißwasser (1. Durchgang): 18.05.2021
Straße: BAB A9	Fahrtrichtung: Mittelstreifen (Bekämpfung vorwiegend Fahrtrichtung Norden)

A topographic map showing the A9 highway (BAB A9) running diagonally from the bottom-left to the top-right. The map features green contour lines indicating elevation, blue lines for water bodies, and grey/black areas representing buildings and urban structures. A red circle highlights a specific location on the highway labeled 'Himmelgarten'. The map is overlaid with a grid.

Kartendaten: © [OpenStreetMap-Mitwirkende](#), [SRTM](#) | Kartendarstellung: © [OpenTopoMap](#) (CC-BY-SA)

Steckbrief – A9 bei Himmelgarten, Mittelstreifen

Strom



Strombehandlung im Mittelstreifen der A9 am frühen Austrieb (05.05.2021)



Knöterichpflanze nach Strombehandlung im schwer zugänglichen Bereich neben Schutzplanke (05.05.2021)

Steckbrief – A9 bei Himmelgarten, Mittelstreifen



Strombehandlung im späten Frühjahraustrieb 2022 (24.05.2022)



Strombehandlung im Detail (24.05.2022)

Steckbrief – A9 bei Himmelgarten, Mittelstreifen

Heißwasser



Erste Bekämpfung mit Heißwasser im Mittelstreifen der A9 (18.05.2021)



Knöterichbestand in der Heißwasser-Dauerprobefläche 1 vor erster Behandlung (18.05.2021)

Steckbrief – A9 bei Himmelgarten, Mittelstreifen



Detail zur Bekämpfung mit Heißwasser (im Vordergrund Dusche)



Detail zur Bekämpfung mit Heißwasser (Einsatz Lanze)

Steckbrief – A9 bei Himmelgarten, Mittelstreifen



Bekämpfung mit Heißwasser im Mittelstreifen – Bestandsüberblick direkt nach Behandlung (18.05.2021)



Bekämpfung mit Heißwasser im Mittelstreifen auf der gegenüberliegenden Fahrbahn (18.05.2021)

6.3.4 A9 Böschung nördlich Neunkirchen a. Sand, südliches Vorkommen

Steckbrief – A9 Böschung nördlich Neunkirchen a. Sand	
Knöterichsippe: F. japonica	Bekämpfungsverfahren: Heißwasser (1 Bestand) Bekämpfungsbeginn: Heißwasser (1. Durchgang): 18.05.2021
Straße: BAB A9	Fahrtrichtung: Berlin



The map displays a topographic view of the area around Neunkirchen a. Sand. A prominent orange line represents the A9 highway, running vertically through the center. A red arrow points to a specific slope on the eastern side of the highway. The terrain is shown with green contour lines and various shades of green, indicating elevation and vegetation. Buildings and other infrastructure are visible in the lower and right portions of the map.

Kartendaten: © [OpenStreetMap-Mitwirkende](#), [SRTM](#) | Kartendarstellung: © [OpenTopoMap](#) (CC-BY-SA)

Steckbrief – A9 Böschung Neunkirchen a. Sand

Heißwasser



Knöterichbestand an der A9-Böschung bei Neunkirchen a. S. – Frühlingsaustrieb unmittelbar vor der ersten Bekämpfung (18.05.2021)



Heißwasser-Bekämpfung mit Dusche und Lanze im Böschungsbereich (18.05.2021)

Steckbrief – A9 Böschung Neunkirchen a. Sand

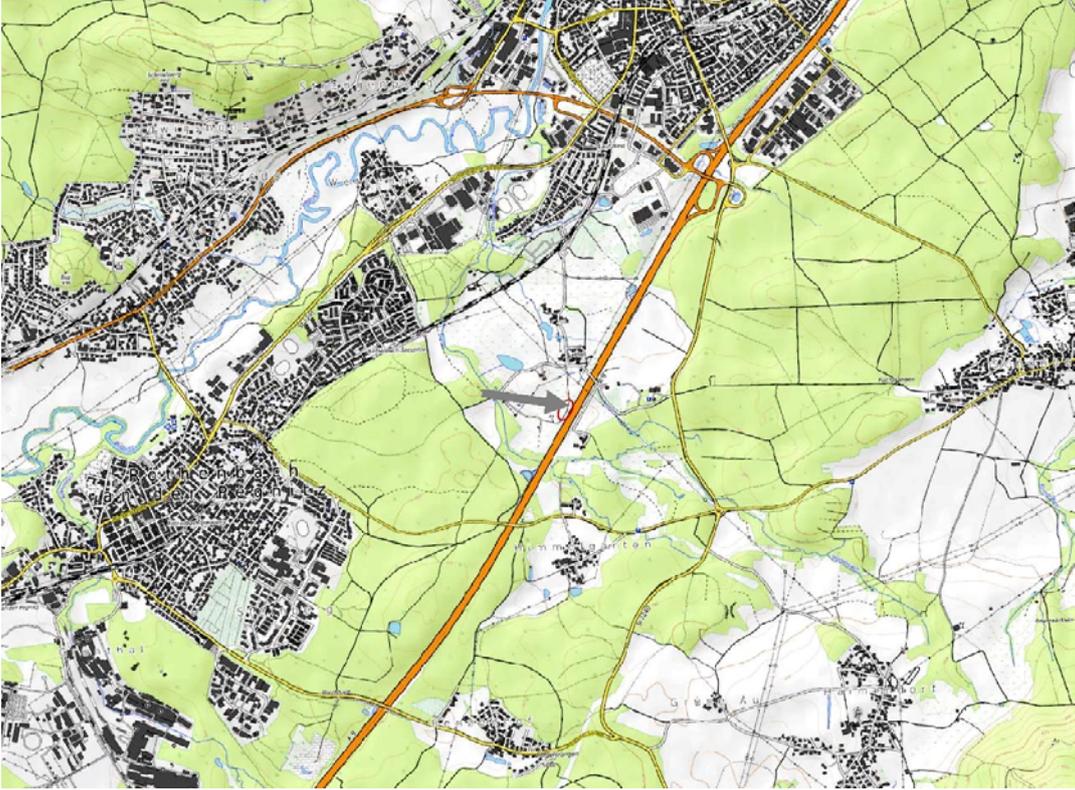


Durch Heißwasserbehandlung umgelegter Knöterichbestand (18.05.2021)



Überblick zur Heißwasserbehandlung am 18.05.2021 mit dem von der AM Nürnberg-Fischbach bereitgestellten Wassertankfahrzeug

6.3.5 A9 Böschung südlich Letten, nördliches Vorkommen

Steckbrief – A9 Böschung südlich Letten, Nord	
Knöterichsippe: F. sachalinensis	Bekämpfungsverfahren: Drahtgitter (1 Bestand) Bekämpfungsbeginn: Drahtgitter (Einbau): 02.06.2021
Straße: BAB A9	Fahrtrichtung: Nürnberg
	
Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende , SRTM Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)	

Steckbrief – A9 Böschung südlich Letten, Nord

Drahtgittereinbau



Beginn des Drahtgittereinbaus auf dem im Vorfeld gemulchten Knöterichbestand an der A9-Böschung bei Letten, Stangen markieren die Abgrenzung des Bestandes, blaue Markierungen die geplante Lage der Gitterbahnen (02.06.2021)



Verlegen der letzten Drahtgitterbahn am gesicherten Standstreifen (02.06.2021)

Steckbrief – A9 Böschung südlich Letten, Nord

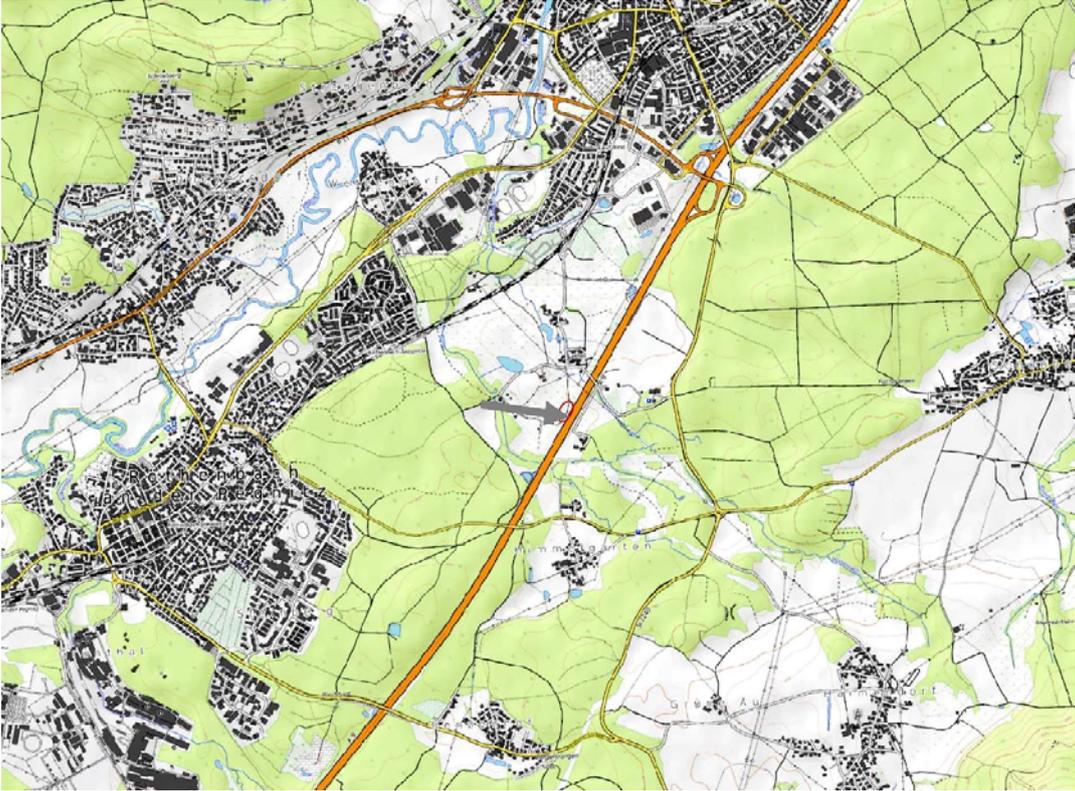


Verbindung der einzelnen Drahtgitterbahnen im nachfolgenden Arbeitsgang



Einfädeln von Drahtschlaufen im steilen Gelände (02.06.2021)

6.3.6 A9 Böschung südlich Letten, südliches Vorkommen

Steckbrief – A9 Böschung südlich Letten, Süd	
Knöterichsippe: F. sachalinensis	Bekämpfungsverfahren: Heißwasser (1 Bestand) Bekämpfungsbeginn: Heißwasser (1. Durchgang): 18.05.2021
Straße: BAB A9	Fahrtrichtung: Nürnberg
	
Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende , SRTM Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)	

Steckbrief – A9 Böschung südlich Letten, Süd

Heißwasser



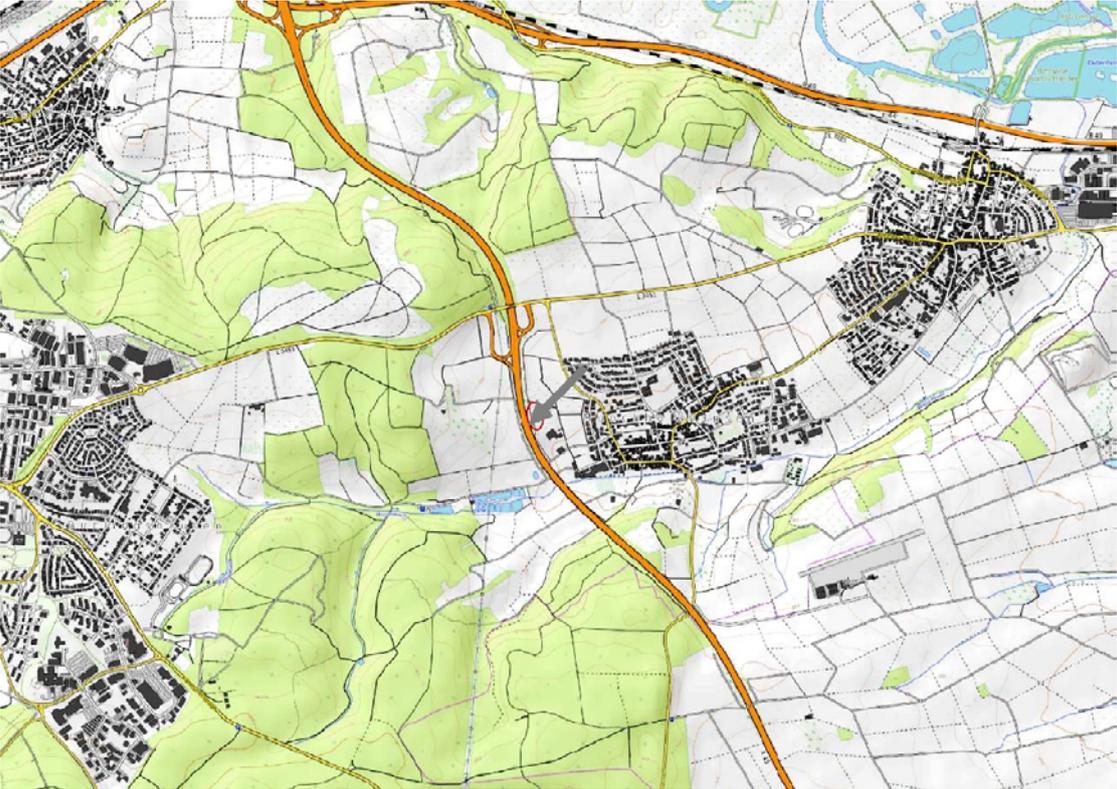
Jahr 1: Vermessung des zweiten Aufwuchses vor der dritten Bekämpfung am 09.08.2021



Jahr 2: Erste Bekämpfung am 17.05.2022

6.3.7 A45 Münchholzhausen, Hinterseite Lärmschutzwall

Steckbrief – A45 Münchholzhausen	
Knöterichsippe: F. sachalinensis	Bekämpfungsverfahren: Strom, Elektrolanze (1 Bestand) Datum: Bekämpfung ab 23. Juli 2021
Straße: BAB A45	Fahrtrichtung: Herborn

A topographic map showing the A45 highway (orange line) running through Münchholzhausen. The map features green contour lines indicating elevation, grey buildings, and a network of roads. A grey arrow on the highway points towards the right, indicating the direction of traffic towards Herborn. The terrain is hilly, with the highway cutting through the landscape.

Kartendaten: © [OpenStreetMap-Mitwirkende](#), [SRTM](#) | Kartendarstellung: © [OpenTopoMap](#) (CC-BY-SA)

Steckbrief – A45 Münchholzhausen

Strom



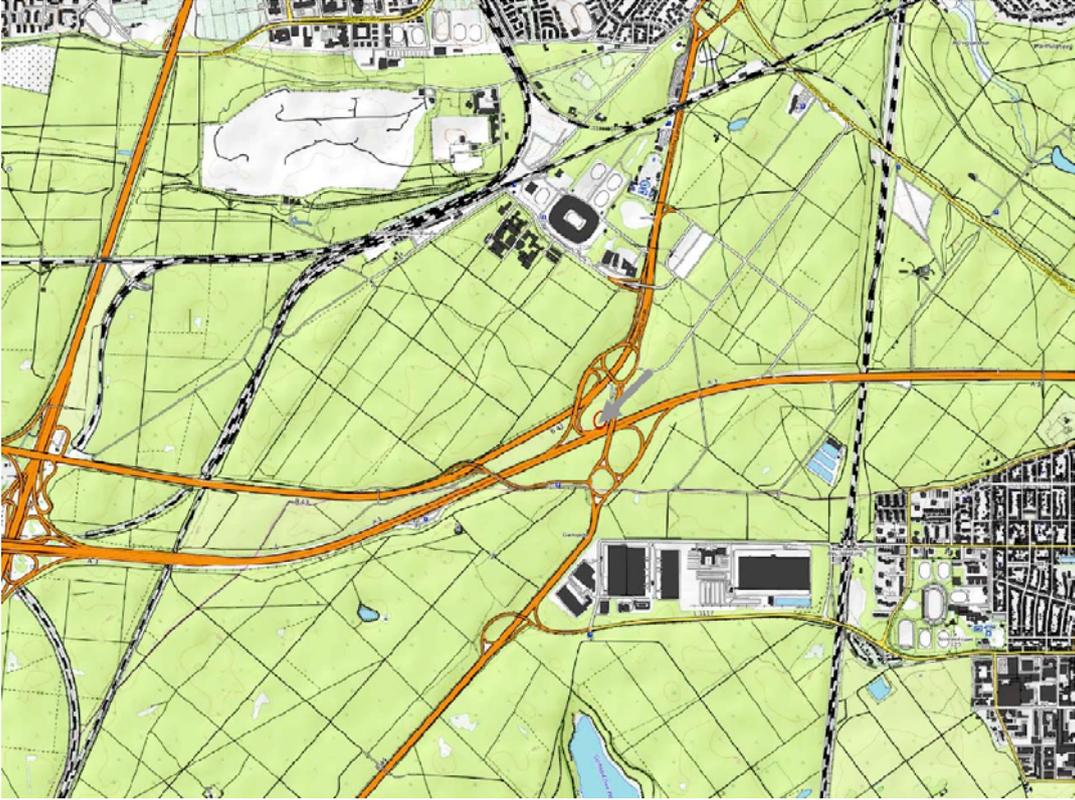
Erste Elektrobekämpfung des Sachalin-Knöterichs auf der Hinterseite des Lärmschutzwalls der A45 (23.07.2021)



Der Bestand war kurz vor der ersten Bekämpfung durch einen Landwirt teil-weise abgeschnitten worden. Die abgestorbenen Sprosse wurden abgeräumt, um die Einzelbehandlung der verbliebenen Triebe zu ermöglichen (23.07.2021)

6.3.8 A3 Autobahnkreuz Frankfurt Süd

Steckbrief – A3 AK Frankfurt Süd	
Knöterichsippe: F. japonica	Bekämpfungsverfahren: Strom, Elektrolanze (1 Bestand) Bekämpfungsbeginn: Strom (1. Durchgang): 03.05.2021
Straße: BAB A3	Fahrtrichtung: Frankfurt



Kartendaten: © [OpenStreetMap-Mitwirkende](#), [SRTM](#) | Kartendarstellung: © [OpenTopoMap](#) (CC-BY-SA)

Steckbrief – A3 AK Frankfurt Süd

Strom



Erste Strombekämpfung austreibender Knöterichsprosse an der A 3 östlich Frankfurt/Main (03.05.2021)



Betriebsfahrzeug der Bekämpfungsfirma mit Stromgenerator und Spannungswandler

Steckbrief – A3 AK Frankfurt Süd

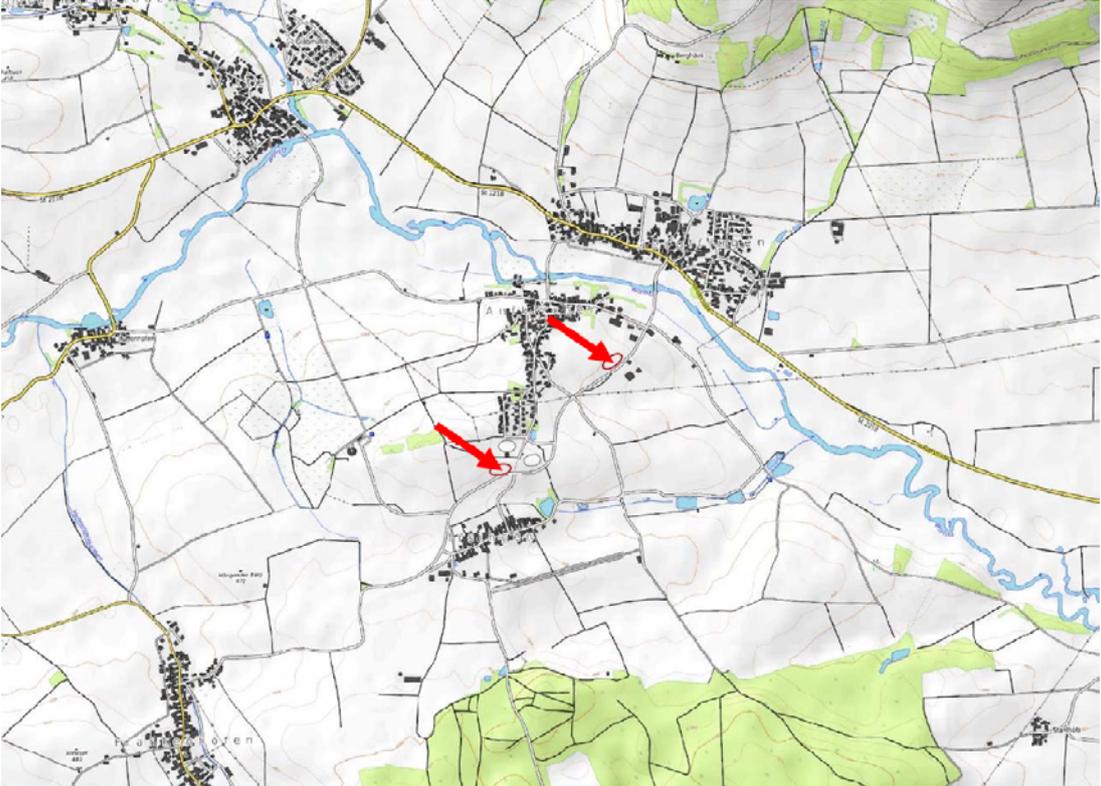


Vermarkung der Dauerbeobachtungsflächen mit Bodenmagneten



Bekämpfter Staudenknötterich im Bereich einer eingesenkten Schutzplanke – solche Stellen sind mit flächigen Bekämpfungsverfahren nur schwer zu erreichen

6.3.9 Ortsumfahrung Aufkirchen/Irsingen bei Gerolfingen

Steckbrief – OU Aufkirchen	
Knöterichsippe: F. japonica, F. x bohemica	Bekämpfungsverfahren: Ausgraben/Ausreißen händisch (2 Bestände) Bekämpfungsbeginn: Ausgraben (1. Durchgang): 04.06.2021
Straße: nicht klassifiziert	Fahrtrichtung: Südwest
	
Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende , SRTM Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)	

Steckbrief – OU Aufkirchen

Ausgraben/Ausreißen händisch



Bestand Nord: Initialbestand mit erstem Ausläufer (links) vor der ersten Grabung am 04.06.2021



Bestand Nord: Aufnahme des Bestandes mit Längenmessung der Sprosse in Dauerbeobachtungsfläche

Steckbrief – OU Aufkirchen



Bestand Nord: Aufnahme des Bestandes mit Messung der Sprossdurchmesser in Dauerbeobachtungsfläche



Bestand Nord: Ausgegrabener Sprossteil mit vorwiegend horizontal verlaufendem Rhizom

Steckbrief – OU Aufkirchen



Bestand Nord: Freigelegter, horizontal verlaufender Rhizomstrang, der für die erste Ausläuferbildung verantwortlich war



Bestand Nord: Starkes, verholztes Rhizomstück, das im Zentrum des Bestandes steil nach unten verläuft und wohl dessen Ursprung hier darstellt (eingebracht durch Baumaßnahmen)

Steckbrief – OU Aufkirchen



Bestand Nord: Böschungsbereich nach erstem Grabungsdurchgang und angefallenes Rhizom-Spross-Material



Bestand Nord: Böschungsbereich nach erstem Grabungsdurchgang und angefallenes Rhizom-Spross-Material eines kleinen Initialbestandes

Steckbrief – OU Aufkirchen



Bestand Süd: Vor der ersten Grabung am 04.06.2021



Bestand Süd: freigelegtes, horizontal verlaufendes Rhizom in sehr schwerem, tonigen Boden

Steckbrief – OU Aufkirchen



Bestand Süd: in dem schweren, tonigen Boden war das Aussortieren von Rhizomen aus den kompakten Lehmbällen besonders wichtig.



Bestand Süd: bei ca. 60 cm Tiefe waren nur noch wenige, aber steil nach unten verlaufende Rhizome vorhanden

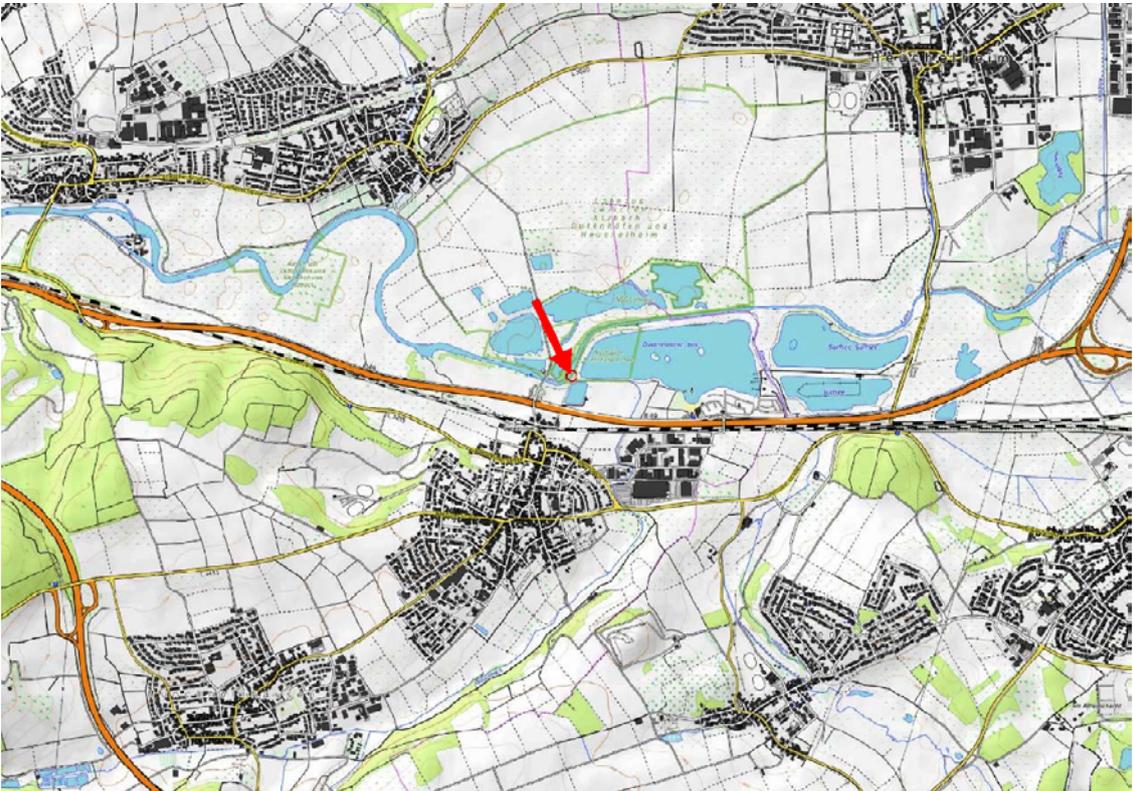
Steckbrief – OU Aufkirchen



Bestand Süd: Böschungsbereich nach dem ersten Grabungsdurchgang

6.3.10 Hessen-Forst 1: Dutenhofen

Methode: Heißwasser, 5 Durchgänge, teils nur Duschen, teils mit Einsatz der Lanze
Methodenerprobung an gut wasserversorgtem Auenstandort.

Steckbrief – Hessen-Forst, Dutenhofen	
Knöterichsippe: F. sachalinensis	Bekämpfungsverfahren: Heißwasser (1 Bestand) Bekämpfungsbeginn: Jahr 2019: Demoversuch Weed Free Service, teils mit Lanze (L), teils Dusche (D) auf Teilflächen des Bestands Jahr 2020 (1. Durchgang): 06.05.2020 (D)
Straße: keine	
	
Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)	

Steckbrief – Hessen-Forst, Dutenhofen

Heißwasser



Erste Heißwasser-Bekämpfung (BT 1 2020) des Sachalin-Knöterichs bei Dutenhofen 2020. Die Knöterichsprosse werden mit heißem Wasser überbrüht (06.05.2020)



Nach dem Verbrühen noch lebensfähiger niederliegender Knöterichspross mit vertikal wachsendem Seitenast (27.05.2020)

6.3.11 Hessen-Forst 2: Bergwerkswald

Methode: Heißwasser, 5 Durchgänge, teils nur Duschen, teils mit Einsatz der Lanze

Methodenerprobung an schattig bis halbschattigem Standort, der Oberboden wurde vor der ersten Behandlung abgebaggert und das Rhizom-Erdmaterial auf der Fläche aufgeschichtet. Boden und Rhizom-Erdhaufen wurden mit Heißwasser behandelt.

Steckbrief – Hessen-Forst, Bergwerkswald	
Knöterichsippe: F. x bohemica	Bekämpfungsverfahren: Heißwasser (1 Bestand) Bekämpfungsbeginn: Jahr 2019: Demoversuch WFS mit Lanze (L) und Dusche (D) auf Teilfläche Jahr 2020 (1. Durchgang): 07.05.2020 (D)
Straße: keine	
	
Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende , SRTM Kartendarstellung: © OpenTopoMap (CC-BY-SA)	

Steckbrief – Hessen-Forst, Bergwerkswald

Heißwasser



Sehr schütterer Fallopia x bohemica-Bestand nach Abschieben des Oberbodens und vor der 1. Bekämpfung 2020 (07.05.2020)



Abgeschobener Oberboden mit Rhizomen und Erde. Der Haufen wurde wie die umgebende Fläche behandelt (07.05.2020)

Steckbrief – Hessen-Forst, Bergwerkswald

Heißwasser



Erste Heißwasser-Bekämpfung mit „Dusche“. Die Blätter und jungen Sprosse werden mit heißem Wasser verbrüht (07.05.2020)



Wiederfund der mit Magneten gekennzeichneten Daueruntersuchungs-fläche mit einem Suchgerät (17.04.2021)

Steckbrief – Hessen-Forst, Bergwerkswald

Heißwasser



Probefläche mit schütterem Knöterichbestand vor BT 2 2021 (06.06.2021)



Vor jeder Behandlung wurden die Knöterichsprosse vermessen. Hier: austreibender Staudenknöterich kurze Zeit vor BT 1 2021 (17.04.2021)

6.4 Ergebnisse

6.4.1 Darstellung der Ergebnisse

Im Folgenden werden die bis Ende 2022 ermittelten Ergebnisse der Bekämpfungsmaßnahmen in Form von Steckbriefen dokumentiert.

Die Steckbriefe sind nach dem folgenden Muster aufgebaut:

- Kopf mit Angaben zur Straßenzuordnung, Lage der Bestände im Verkehrsbegleitgrün, Sippe des vorgefundenen Staudenknöterichs und Flächengröße des Bestandes sowie dem angewandten Bekämpfungsverfahren
- Tabellen mit Angaben zu den Bekämpfungsterminen (BT) sowie zu den Vermessungsterminen (V), an denen die Bestände jeweils anhand verschiedener Parameter erfasst worden sind.
- Anzahl der Dauerprobeflächen im Bestand (ohne Angabe = 1)
- Tabelle(n) mit Ergebnissen der erfassten Parameter.
Je Aufnahme- und Vermessungstermin (V) werden (soweit erfasst) folgende Angaben je Standort als Mittelwerte aus 1 – n Dauerprobeflächen aufgeführt:
 - Deckungsgradanteil (DG) des Staudenknöterichs am Tage der Aufnahme
 - Anzahl der Knöterich-Sprosse
 - Mittlere Dicke/Durchmesser der Sprosse
 - Mittlere Länge der Sprosse
 - Hilfwerte aus der Multiplikation von
 - Anzahl Sprosse x Durchmesser Sprosse
 - Anzahl Sprosse x Länge Sprosse
 - Anzahl Sprosse x Durchmesser Sprosse x Länge Sprosse
- Bilderreihe, die den Entwicklungsstand der bekämpften Staudenknöterichbestände zu ausgewählten Terminen zeigt.

Die Erfassungen fanden jeweils kurze Zeit vor den nächsten Bekämpfungsdurchgängen statt. Spalten mit ähnlichem Vermessungsdatum bzw. unter Berücksichtigung der Jahreswitterung und der vorherigen Bekämpfungstermine relativ vergleichbaren phänologischen Entwicklungsständen wurden mit dem gleichen Farbton eingefärbt. Dennoch muss bei einer Interpretation auf das ausgeprägt kalte Frühjahr 2021 oder die sehr starke Trockenheit des Sommers 2022 hingewiesen werden.

Vor Ort erfasst wurden Gesamtdeckung und Deckungsgrade der Staudenknöteriche (%) sowie Anzahl, Durchmesser (mm) und Höhe (cm) der Sprosse. Es konnten nicht immer an allen Vermessungsterminen zu allen Dauerprobeflächen alle Parameter erfasst werden. Teilweise waren die Flächen z. B. relativ kurz zuvor gemulcht worden.

Der Anhang 1 enthält die Mittelwertberechnungen je Standort und Vermessungstermin für die Parameter Deckungsgrad Staudenknöteriche sowie Anzahl, Durchmesser und Höhe der Knöterichsprosse. Der Anhang 2 enthält Beispiele für verformelte Auswertungstabellen, in welche die Rohdaten aus den systematischen Erfassungen der Knöterichbestände auf den eingemessenen und markierten Dauerprobeflächen eingetragen werden.

Aus der Multiplikation verschiedener Parameterwerte wurden „Hilfswerte“ ermittelt, welche die Entwicklung der Bestände besser darstellen als die Betrachtung einzelner Parameter. So zeigt z. B. der Wiederaustrieb nach Bekämpfungsmaßnahmen zu Beginn oft mehr Sprosse als vor der Bekämpfung, diese waren aber meist nicht mehr so stark oder so hochwüchsig wie im Ausgangsbestand. Andererseits traten manchmal nur noch wenig Sprosse auf, welche aber relativ dick und hochwüchsig waren. Eine reine Betrachtung einzelner Parameter kann daher einer Darstellung der stattfindenden Entwicklung nicht umfassend gerecht werden. Durch die Multiplikation der erhobenen und gemittelten Vermessungsdaten von Anzahl, Durchmesser und Länge der Sprosse lassen sich alle wesentlichen Wachstumsparameter miteinander verknüpfen und abbilden. Die Unterschiede zwischen den Staudenknöterichbeständen kristallisieren sich hierdurch besser heraus. Die Ergebnisse decken sich auch oft mit den Schätzwerten des Deckungsgrades für die Knöterichanteile im Vegetationsbestand, so dass auf diese Hilfswerte insbesondere zur Visualisierung der Ergebnisse zurückgegriffen wurde.

Die Reihenfolge der Ergebnis-Steckbriefe orientiert sich an der Art der Bekämpfungsmaßnahmen. In der folgenden Tabelle 18 ist die Aufzählung in Anlehnung an Tabelle 17 mit den entsprechenden Unterkapiteln untersetzt.

Bekämpfungsverfahren	Bundesland	Standorte	Kapitel
Ausreißen/Ausgraben händisch Kapitel 6.4.2	He	Friedrichsdorf Wall (4 x klein)	} 6.4.2.1
	He	Friedrichsdorf Wall (1 x mittelgroß)	
	By	OU Aufkirchen Nord	} 6.4.2.2
	By	OU Aufkirchen Süd	
Strom (Elektrolanze) Kap 6.4.3	He	Großen-Linden Wall	6.4.3.1
	By	Himmelgarten Mittelstreifen	6.4.3.2
	He	Münchholzhausen, Wall	6.4.3.3
	He	AK Frankfurt Süd	6.4.3.4
Heißwasser Kapitel 6.4.4	By	Himmelgarten Mittelstreifen	6.4.4.1
	By	Neunkirchen Wall	6.4.4.2
	By	Letten Wall, südlich	6.4.4.3
	He	Dutenhofen	6.4.4.4
	He	Bergwerkswald	6.4.4.5
Drahtgitter Kapitel 6.4.5	He	Friedrichsdorf Wall D1	} 6.4.5.1
	He	Friedrichsdorf Wall D2	
	He	Friedrichsdorf Wall D3	
	By	Letten, Böschung nördlich	6.4.5.2

Tab. 18: Gliederung der Steckbriefe nach Art der Bekämpfung und Standorten sowie Aufteilung in Unterkapitel

6.4.2 Ausgraben/Ausreißen – händisch

6.4.2.1 A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf/Seulberg (Ausgraben/Ausreißen)

Kleine Bestände unter 1 m²

Ergebnis-Steckbrief																																																	
Knöterichsippe: F. x bohemica Straße: BAB A5 Lage: Böschung (Lärmschutzwall)					Bekämpfungsverfahren: Ausgraben/Ausreißen händisch (4 kleine Bestände) Größe Ausgangsbestand: A1: 0,38 m ² A2: 0,17 m ² A5: 0,82 m ² A6: 0,30 m ²																																												
Bekämpfungstermine (BT): <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BT1</td> <td>28.05. g</td> <td>22.09. g</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT2</td> <td>09.09. g</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT3</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">/</td> </tr> <tr> <td>BT4</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">/</td> </tr> </tbody> </table> g = graben, r = reißen (mit Spatenunterstützung)						2021	2022	2023	BT1	28.05. g	22.09. g		BT2	09.09. g			BT3			/	BT4			/	Vermessungstermine (V)/Sichtkontrolle S <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V1</td> <td>25./28.05.</td> <td>19./20.05.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V2</td> <td>30.08.</td> <td>13.07. (S)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V3</td> <td>30.09. S</td> <td>22.09.</td> <td style="text-align: center;">/</td> </tr> <tr> <td>V4</td> <td>19.10. S</td> <td></td> <td style="text-align: center;">/</td> </tr> </tbody> </table>						2021	2022	2023	V1	25./28.05.	19./20.05.		V2	30.08.	13.07. (S)		V3	30.09. S	22.09.	/	V4	19.10. S		/
	2021	2022	2023																																														
BT1	28.05. g	22.09. g																																															
BT2	09.09. g																																																
BT3			/																																														
BT4			/																																														
	2021	2022	2023																																														
V1	25./28.05.	19./20.05.																																															
V2	30.08.	13.07. (S)																																															
V3	30.09. S	22.09.	/																																														
V4	19.10. S		/																																														
Ergebnisse Vermessung (Ø aus 4 Dauerprobeflächen)																																																	
Parameter	Einh.	2021				2022			2023...																																								
		25./28.5	30.08.	30.09.	19.10.	19./20.5	13.07.	22.09.																																									
Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	67,5	15	0	0	1,3	0	0,1																																									
Ø Durchmesser Sprosse	mm	8,9	4,5	--	--	2,1	--	0,4																																									
Ø Länge Sprosse	cm	100	39	--	--	21	--	1,0																																									
Anzahl Sprosse		11,3	5,0	0	0	1,3	--	0,8																																									
Länge x Durchmesser		890	175	--	--	44	--	0,4																																									
Anzahl x Durchmesser		100	23	--	--	2,7	--	0,3																																									
L x D x A		10.057	878			57		0,3																																									
Zwischenfazit Ausgraben Friedrichsdorf (Kleinbestände): Bereits im ersten Behandlungsjahr und im Frühjahr des zweiten Behandlungsjahres deutliche Reduzierungen. Bei den Vermessungsterminen V3 und V4 in 2021 sowie V2 in 2022 keine Sprosse nachweisbar und somit keine Bekämpfung erforderlich. Bei kleinen Beständen mit einer Grundfläche < 1 m ² zeigt Ausgraben/Ausreißen somit nach zwei Behandlungsjahren deutliche Effekte, jedoch noch Restvorkommen (s. V3/2022).																																																	

A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf (Ausgraben/Ausreißen, Bestände < 1 m²)

Fotodokumentation 2021



Bestand A1 (F. x bohemica) am 25.5.2021 vor dem Ausgraben



Bestand A2 (F. x bohemica) am 25.5.2021 vor dem Ausgraben

A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf (Ausgraben/Ausreißen, Bestände < 1 m²)

Fotodokumentation 2021



Bestand A5 und A6 (*F. x bohemica*) am 28.5.2021 vor dem Ausgraben



Bestand A1 nach dem Ausgraben (28.5.2021). Die Fahne zeigt den ehemaligen Wuchsort des Staudenknöterichs

Friedrichsdorf, Mittelgroßer Bestand

Ergebnis-Steckbrief																																																																												
Knöterichsippe: F. japonica Straße: BAB A5 Lage: Böschung	Bekämpfungsverfahren: Ausgraben/Ausreißen (1 mittelgroßer Bestand) Größe Ausgangsbestand: A3/4: 25,6 m ²																																																																											
Bekämpfungstermine (BT): <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BT1</td> <td>28.05. g</td> <td>22.09. g</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT2</td> <td>09.09. g</td> <td>10.10. g</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT2</td> <td>30.09 g Fortsetzung</td> <td></td> <td style="text-align: center;">/</td> </tr> <tr> <td>BT3</td> <td>18.10. r</td> <td></td> <td style="text-align: center;">/</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">g = graben, r = reißen (mit Spatenunterstützung)</p>		2021	2022	2023	BT1	28.05. g	22.09. g		BT2	09.09. g	10.10. g		BT2	30.09 g Fortsetzung		/	BT3	18.10. r		/	Vermessungstermine (V)/Sichtkontrolle S <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V1</td> <td>25.05.</td> <td>19.05.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V2</td> <td>30.08.</td> <td>22.09.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V3</td> <td>18.10.</td> <td></td> <td style="text-align: center;">/</td> </tr> <tr> <td>V4</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">/</td> </tr> </tbody> </table>							2021	2022	2023	V1	25.05.	19.05.		V2	30.08.	22.09.		V3	18.10.		/	V4			/																														
	2021	2022	2023																																																																									
BT1	28.05. g	22.09. g																																																																										
BT2	09.09. g	10.10. g																																																																										
BT2	30.09 g Fortsetzung		/																																																																									
BT3	18.10. r		/																																																																									
	2021	2022	2023																																																																									
V1	25.05.	19.05.																																																																										
V2	30.08.	22.09.																																																																										
V3	18.10.		/																																																																									
V4			/																																																																									
Ergebnisse Vermessung (∅ aus 2 Dauerprobeflächen) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: left;">Parameter</th> <th rowspan="2">Einh.</th> <th colspan="2">2021</th> <th colspan="2">2022</th> <th colspan="2">2023...</th> </tr> <tr> <th>25.05.</th> <th>30.08.</th> <th>19.05.</th> <th>22.09.</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Deckungsgrad <i>Fallopia</i></td> <td>%</td> <td>55</td> <td>79</td> <td>82,5</td> <td>27,5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>∅ Durchmesser Sprosse</td> <td>mm</td> <td>15</td> <td>7,1</td> <td>9,1</td> <td>8,3</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>∅ Länge Sprosse</td> <td>cm</td> <td>138</td> <td>90,5</td> <td>102</td> <td>113,5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Anzahl Sprosse</td> <td></td> <td>15,5</td> <td>15,0</td> <td>31,5</td> <td>24,0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Länge x Durchmesser</td> <td></td> <td>2.070,0</td> <td>642,6</td> <td>928,2</td> <td>942,1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Anzahl x Durchmesser</td> <td></td> <td>232,5</td> <td>106,5</td> <td>286,6</td> <td>199,2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>L x D x A</td> <td></td> <td>32.085</td> <td>9.638</td> <td>29.238</td> <td>22.609</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: x-small; margin-top: 5px;">Tabelle ohne V3 aus 2021</p>							Parameter	Einh.	2021		2022		2023...		25.05.	30.08.	19.05.	22.09.			Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	55	79	82,5	27,5			∅ Durchmesser Sprosse	mm	15	7,1	9,1	8,3			∅ Länge Sprosse	cm	138	90,5	102	113,5			Anzahl Sprosse		15,5	15,0	31,5	24,0			Länge x Durchmesser		2.070,0	642,6	928,2	942,1			Anzahl x Durchmesser		232,5	106,5	286,6	199,2			L x D x A		32.085	9.638	29.238	22.609		
Parameter	Einh.	2021		2022		2023...																																																																						
		25.05.	30.08.	19.05.	22.09.																																																																							
Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	55	79	82,5	27,5																																																																							
∅ Durchmesser Sprosse	mm	15	7,1	9,1	8,3																																																																							
∅ Länge Sprosse	cm	138	90,5	102	113,5																																																																							
Anzahl Sprosse		15,5	15,0	31,5	24,0																																																																							
Länge x Durchmesser		2.070,0	642,6	928,2	942,1																																																																							
Anzahl x Durchmesser		232,5	106,5	286,6	199,2																																																																							
L x D x A		32.085	9.638	29.238	22.609																																																																							
Zwischenfazit Ausgraben Friedrichsdorf (mittelgroßer Bestand): <p>Die tiefreichenden Rhizome des mittelgroßen Bestands konnten 2021 nur unzureichend durch händisches Ausgraben beseitigt werden. Hier sind im zweiten Jahr zahlreiche Sprosse nachgewachsen. Weiteres Ausgraben war für Mitte Juli 2022 geplant. Aufgrund der Trockenheit war der Boden so hart, dass das Ausgraben im Juli nicht zielführend war. Das Ausgraben erfolgte dann am 22.09. und 10.10.2022, nachdem der Boden durch Niederschläge wieder angefeuchtet und grabbar war. Im Vergleich zu den Kleinbeständen sind bei diesem mittelgroßen Bestand damit keine Effekte durch Ausgraben/Ausreißen erkennbar, welche über die Wirkung der Biomasseentfernung im Rahmen der Grabmaßnahme hinausgehen. Die Vegetationsperiode 2023 wird zeigen, ob und wie stark der Knöterich aus dem größeren Bestand nachtreiben wird.</p>																																																																												

A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf (Ausgraben/Ausreißen, mittelgroßer Bestand)

Fotodokumentation 2021



A3/4: Blick von oben auf den Bestand von *F. japonica*, der am 28.05.2021 erstmals ausgegraben wurde



A3/4: Blick von der nördlichen Seite auf den Bestand. Die Böschung ist steil, was die Grabarbeiten erschwert (Foto 25.05.2021)

A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf (Ausgraben/Ausreißen, mittelgroßer Bestand)

Fotodokumentation 2022



A3/4: Im April 2022 zeigten sich wieder zahlreiche Knöterichsprosse (22.04.2022)



A3/4: Bis zum 20.05.2022 hatte sich ein Bestand mit einer durchschnittlichen Wuchshöhe von 83 cm gebildet

A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf (Ausgraben/Ausreißen, mittelgroßer Bestand)

Fotodokumentation 2022



A3/4: Ausgraben der Nachtriebe am 22.9.2022. An der steilen Böschung war das Graben mühsam. Die Rhizome wurden bis in eine Tiefe von etwa 75 cm ausgegraben.

6.4.2.2 Ortsumfahrung Aufkirchen bei Gerolfingen (Ausgraben, Ausreißen)

Ergebnis-Steckbrief																																															
Knöterichsippe: F. sachalinensis Straße: nicht klassifiziert Lage: Grabenböschung				Bekämpfungsverfahren: Ausgraben (g)/Ausreißen (r) händisch 2 Bestände Größe Ausgangsbestand: Aufkirchen Nord: 1 m ² (Initialbestand) Aufkirchen Süd: 8 m ²																																											
Bekämpfungstermine (BT): <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BT1</td> <td>04.06. g</td> <td>07.06. r</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT2</td> <td>17.08. g</td> <td>06.10. r</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT3</td> <td>23.09. r</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small;">g = graben, r = reißen (mit Spatenunterstützung)</p>					2021	2022	2023	BT1	04.06. g	07.06. r		BT2	17.08. g	06.10. r		BT3	23.09. r							Vermessungstermine (V) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V1</td> <td>04.06.</td> <td>07.06.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V2</td> <td>17.08.</td> <td>22.09.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V3</td> <td>23.09.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>V4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					2021	2022	2023	V1	04.06.	07.06.		V2	17.08.	22.09.		V3	23.09.			V4			
	2021	2022	2023																																												
BT1	04.06. g	07.06. r																																													
BT2	17.08. g	06.10. r																																													
BT3	23.09. r																																														
	2021	2022	2023																																												
V1	04.06.	07.06.																																													
V2	17.08.	22.09.																																													
V3	23.09.																																														
V4																																															
Ergebnisse Vermessung Aufkirchen Nord (Initialbestand)																																															
Parameter	Einh.	2021			2022		2023...																																								
		04.06.	17.08.	23.09.	07.06.	22.09.																																									
Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	90	5	0	5	0																																									
∅ Durchmesser Sprosse	mm	11,9	4,7	--	9,0	--																																									
∅ Länge Sprosse	cm	87	84	--	92	--																																									
Anzahl Sprosse		10	1	0	1	0																																									
Länge x Durchmesser		1.035	24	--	828	--																																									
Anzahl x Durchmesser		119	5	--	9	--																																									
L x D x A		10.353	3.948	--	828																																										
Ergebnisse Vermessung Aufkirchen Süd																																															
Parameter	Einh.	2021			2022		2023...																																								
		04.06.	17.08.	23.09.	07.06.	22.09.																																									
Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	70	65	< 1	10	1																																									
∅ Durchmesser Sprosse	mm	13,7	4,7	2,0	4,8	6,1																																									
∅ Länge Sprosse	cm	96	45	6	22	20																																									
Anzahl Sprosse		23	32	3	3	1																																									
Länge x Durchmesser		1.315	212	12	106	122																																									
Anzahl x Durchmesser		315	150	6	14	6,1																																									
L x D x A		30.250	6.768	36	317	122																																									
Zwischenfazit Ausgraben Ortsumfahrung Aufkirchen (Initial- und Kleinbestand):																																															
Ausgraben/Ausreißen händisch von zwei Beständen (1 x klein mit ca. 8 m ² und 1 x Initialbestand mit ca. 1 m ²) auf Grabenböschung mit deutlichen Effekten, beim Initialbestand schon im ersten Behandlungsjahr, aber in beiden Flächen im zweiten Jahr noch Nachweise.																																															

Ortsumfahrung Aufkirchen, Nord (Ausgraben/Ausreißen, Bestand < 1 m²)

Fotodokumentation 2021/22



Knöterich-Initialbestand an der OU Aufkirchen (Nord) vor BT 1 2021 (04.06.2021)



Knöterich-Initialbestand an der OU Aufkirchen (Nord) nur noch als Einzeltrieb vor BT 1 2022 (07.06.2022)

Ortsumfahrung Aufkirchen, Süd (Ausgraben/Ausreißen, Kleinbestand)

Fotodokumentation 2021/22



Knöterichbestand an der OU Aufkirchen (Süd) vor BT 1 2021 (04.06.2021)



Knöterichbestand an der OU Aufkirchen (Süd) vor BT 1 2022 (07.06.2022)

6.4.2.3 Überblick „Ausgraben/Ausreißen“ mit Fazit (vorläufig)

Das folgende Bild 31 zeigt im Überblick die Ergebnisse der Bekämpfungsmaßnahmen „Ausgraben/Ausreißen“ an insgesamt sieben Beständen an den Standorten Friedrichsdorf und Aufkirchen für die Jahre 2021 und 2022. Die obere Grafik zeigt den durchschnittlichen Verlauf der Deckungsgrade in den entsprechenden Dauerprobenflächen, die untere den Verlauf des Hilfswertes aus dem Produkt der gemittelten Parameterwerte für Anzahl, Durchmesser und Länge der Sprosse.

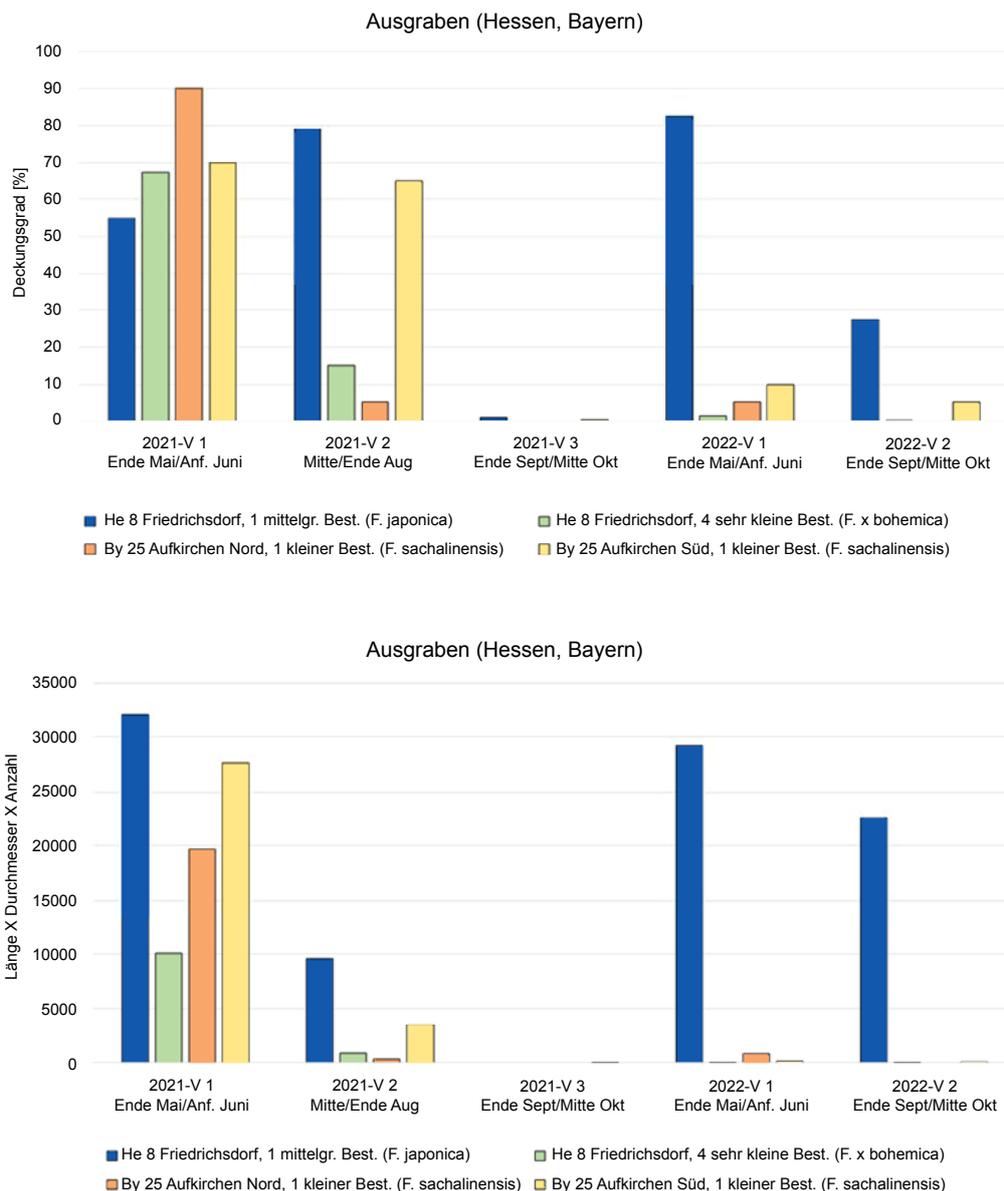


Bild 31: Wirkung des Ausgrabens auf den Wiederaufwuchs bei kleinen und einem mittelgroßen Staudenknöterichvorkommen

Auf den beiden Versuchsflächen bei Aufkirchen (Bayern) wurden zwei kleine Bestände (8 m² und 1 m²), bei Friedrichsdorf (Hessen) vier kleine Bestände (< 1 m²) und ein mittelgroßer (26 m²) Bestand mehrmalig ausgegraben und ausgerissen. Die Grafiken stellen die Messwerte jeweils vor den Bekämpfungsterminen dar.

Vor allem bei den sehr kleinen Beständen ($\leq 1\text{m}^2$) zeigten sich schnell deutliche Effekte mit fehlendem Nachweis von oberirdischen Sprossen an einzelnen Vermessungsterminen. Nacharbeiten waren aber auch im zweiten Jahr zumindest im Frühjahr bei allen Varianten noch erforderlich. Hier wird im folgenden Jahr (2023) die erste Aufnahme im späten Frühjahr (mit in der Regel dem stärksten Aufwuchs) zeigen, ob die Beseitigung schon nachhaltig war.

Bei dem mittelgroßen Bestand sind die Bekämpfungseffekte nach zwei Jahren mit mehrmaligem Ausgraben nur gering. Im Frühjahr des zweiten Maßnahmenjahres trieb der Bestand wieder deutlich aus, eine zweite Grabung in 2022 musste auf den Herbst verschoben werden, da im trockenen Sommer der Boden zu trocken zum Graben war. Zu beachten ist, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit auch die extreme Trockenheit im Sommer 2022 den Staudenknöterich auf dem Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf geschädigt hat, da Vertrocknungserscheinungen aufgetreten sind. Ein möglicher Erfolg der Maßnahmen wird sich hier erst im weiteren Verlauf der Bekämpfung zeigen.

Das Ausgraben des mittelgroßen Bestands war sehr arbeitsintensiv, da die Rhizome/Wurzeln tief in den Boden reichten und in den unteren Bereichen nicht beseitigt werden konnten. Hier zeigt sich, dass das Aufwands-/Nutzenverhältnis bei dieser handarbeitsintensiven Methode bei Beständen dieser Größe an seine Grenzen kommt. Zudem erschwerte die Steilheit der Böschung das Ausgraben. Der Versuch wird jedoch weitergeführt, um generell festzustellen, ob mit „Ausgraben/Ausreißen händisch“ Bestände solcher Größe zumindest nach mehreren Jahren eliminiert werden können.

Fazit (vorläufig)

Die Bekämpfungsmethode „Ausgraben/Ausreißen – händisch“ zeigt bei kleinen (wenige Quadratmeter großen) und jüngeren Beständen nach ein bis zwei Jahren deutliche Effekte, eine vollständige Beseitigung ist innerhalb weniger Jahre zu erwarten. Bei größeren Beständen ist die Methode nach aktuellem Ergebnis nur bedingt empfehlenswert (z. B. Sonderfälle, mit maschineller Unterstützung).

6.4.3 Strombekämpfung – Elektrolanze

6.4.3.1 A45 Lärmschutzwall bei Großen-Linden (Strom)

Ergebnis-Steckbrief																																																
Knöterichsippe: F. x bohemica Straße: BAB A45 Lage: Lärmschutzwall			Bekämpfungsverfahren: Elektrobekämpfung (1 Bestand) Größe Ausgangsbestand: 35 m ²																																													
Bekämpfungstermine (BT): <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BT1</td> <td>03.05.</td> <td>26.05.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT2</td> <td>22./23.07.</td> <td>21.07.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT3</td> <td>20.09.</td> <td>11.10.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					2021	2022	2023	BT1	03.05.	26.05.		BT2	22./23.07.	21.07.		BT3	20.09.	11.10.		BT4				Vermessungstermine (V) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V1</td> <td>29.04.</td> <td>18.05.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V2</td> <td>16.07.</td> <td>23.06.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V3</td> <td>19.09.</td> <td>15.07.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V4</td> <td></td> <td>06.10.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						2021	2022	2023	V1	29.04.	18.05.		V2	16.07.	23.06.		V3	19.09.	15.07.		V4		06.10.	
	2021	2022	2023																																													
BT1	03.05.	26.05.																																														
BT2	22./23.07.	21.07.																																														
BT3	20.09.	11.10.																																														
BT4																																																
	2021	2022	2023																																													
V1	29.04.	18.05.																																														
V2	16.07.	23.06.																																														
V3	19.09.	15.07.																																														
V4		06.10.																																														
Ergebnisse Vermessung (Ø aus 2 Dauerprobeflächen)																																																
Parameter	Einh.	2021			2022			2023...																																								
		29.04.*	16.07.	19.09.	18.05.	15.07.	06.10.																																									
Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	13	80	94	65	70	60																																									
Ø Durchmesser Sprosse	mm	6,1	9,1	5,5	8,1	5,1	4,9																																									
Ø Länge Sprosse	cm	11	152	94	93	57	57																																									
Anzahl Sprosse		34,5	30,0	31,5	27,5	30,5	14,0																																									
Länge x Durchmesser		67	1.383	517	753	291	279																																									
Anzahl x Durchmesser		210	273	173	223	156	69																																									
L x D x A		2.315	41.496	16.286	20.716	8.866	3.910																																									
* kaltes Frühjahr (Vermessung und Bekämpfung zu phänologisch sehr frühem Zeitpunkt) Tabelle ohne V2 2022 2022: BT für Anfang Juli geplant, Termin wurde wegen defekter Lanze verschoben																																																
Zwischenfazit Großen-Linden (Strom): Deutliche Effekte vor allem im zweiten Jahr (auch unter Berücksichtigung des späteren Termins für den 1. BT 2022 im Vergleich zur 1. BT in 2021).																																																

A45 Lärmschutzwall bei Großen-Linden (Strom)

Fotodokumentation 2021



Fallopia x bohemica an der Unterführung der A45 bei Großen-Linden kurz vor BT 2 2021 (16.07.2021)



Fallopia x bohemica an der Unterführung der A45 bei Großen-Linden kurz vor BT 3 2021 (19.09.2021)

A45 Lärmschutzwall bei Großen-Linden (Strom)

Fotodokumentation 2022



Fallopia x bohemica an der Unterführung der A45 bei Großen-Linden kurz vor BT 1 2022 (18.05.2022)



Bestand unmittelbar nach der Elektrobekämpfung am 21.07.2022.

A45 Lärmschutzwall bei Großen-Linden (Strom)

Fotodokumentation 2022



9 He: Der Bestand ist nach der Bekämpfung im Juli schwach aufgewachsen und leidet unter der Trockenheit (Foto 07.09.2022)



9 He: Regenerierter Knöterichbestand kurze Zeit vor BT 3 2022 (Foto 06.10.2022)

6.4.3.2 A9 bei Himmelgarten, Mittelstreifen (Strom)

Ergebnis-Steckbrief																																																																																						
Knöterichsippe: F. x sachalinensis Straße: BAB A9 Lage: Mittelstreifen			Bekämpfungsverfahren: Elektrobekämpfung (1 Bestand) Größe Ausgangsbestand: Teilfläche klein: 44 m ² /→ Sk Teilfläche groß: 144 m ² → Sg1,Sg2,Sg3																																																																																			
Bekämpfungstermine (BT) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BT1</td> <td>05.05.</td> <td>24.05.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT2</td> <td>21.07.</td> <td>05.07.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT3</td> <td>22.09.</td> <td>14.10.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					2021	2022	2023	BT1	05.05.	24.05.		BT2	21.07.	05.07.		BT3	22.09.	14.10.		Vermessungstermine (V) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V1</td> <td>05.05.</td> <td>17.05.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V2</td> <td>18.05.</td> <td>29.06.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V3</td> <td>06.07.</td> <td>12.10.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V4</td> <td>23.09.</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						2021	2022	2023	V1	05.05.	17.05.		V2	18.05.	29.06.		V3	06.07.	12.10.		V4	23.09.																																												
	2021	2022	2023																																																																																			
BT1	05.05.	24.05.																																																																																				
BT2	21.07.	05.07.																																																																																				
BT3	22.09.	14.10.																																																																																				
	2021	2022	2023																																																																																			
V1	05.05.	17.05.																																																																																				
V2	18.05.	29.06.																																																																																				
V3	06.07.	12.10.																																																																																				
V4	23.09.																																																																																					
Ergebnisse Vermessung (Ø aus 4 Dauerprobeflächen) <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Parameter</th> <th rowspan="2">Einh.</th> <th colspan="3">2021</th> <th colspan="3">2022</th> <th rowspan="2">2023...</th> </tr> <tr> <th>05.05. *</th> <th>06.07.</th> <th>23.09.</th> <th>17.05.</th> <th>29.06.</th> <th>12.10.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Deckungsgrad <i>Fallopia</i></td> <td>%</td> <td>13,8</td> <td>97,3</td> <td>48,8</td> <td>93,8</td> <td>38,8</td> <td>78,8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ø Durchmesser Sprosse</td> <td>mm</td> <td>10,4</td> <td>14,8</td> <td>6,0</td> <td>11,6</td> <td>7,1</td> <td>8,2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ø Länge Sprosse</td> <td>cm</td> <td>16,3</td> <td>178,8</td> <td>52,6</td> <td>84,5</td> <td>42,3</td> <td>75,8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Anzahl Sprosse</td> <td></td> <td>24,3</td> <td>31,5</td> <td>13,8</td> <td>33,5</td> <td>20,3</td> <td>14,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Länge x Durchmesser</td> <td></td> <td>170</td> <td>2646</td> <td>316</td> <td>980</td> <td>300</td> <td>622</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Anzahl x Durchmesser</td> <td></td> <td>253</td> <td>466</td> <td>83</td> <td>389</td> <td>144</td> <td>115</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L x D x A</td> <td></td> <td>4.119</td> <td>83.357</td> <td>4.355</td> <td>32.837</td> <td>6.097</td> <td>8.702</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>* kaltes Frühjahr (Vermessung und Bekämpfung zu phänologisch sehr frühem Zeitpunkt) Tabelle ohne V2/2021, da am 18.05.2021 Vermessung nur teilweise möglich</p>									Parameter	Einh.	2021			2022			2023...	05.05. *	06.07.	23.09.	17.05.	29.06.	12.10.	Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	13,8	97,3	48,8	93,8	38,8	78,8		Ø Durchmesser Sprosse	mm	10,4	14,8	6,0	11,6	7,1	8,2		Ø Länge Sprosse	cm	16,3	178,8	52,6	84,5	42,3	75,8		Anzahl Sprosse		24,3	31,5	13,8	33,5	20,3	14,0		Länge x Durchmesser		170	2646	316	980	300	622		Anzahl x Durchmesser		253	466	83	389	144	115		L x D x A		4.119	83.357	4.355	32.837	6.097	8.702	
Parameter	Einh.	2021			2022			2023...																																																																														
		05.05. *	06.07.	23.09.	17.05.	29.06.	12.10.																																																																															
Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	13,8	97,3	48,8	93,8	38,8	78,8																																																																															
Ø Durchmesser Sprosse	mm	10,4	14,8	6,0	11,6	7,1	8,2																																																																															
Ø Länge Sprosse	cm	16,3	178,8	52,6	84,5	42,3	75,8																																																																															
Anzahl Sprosse		24,3	31,5	13,8	33,5	20,3	14,0																																																																															
Länge x Durchmesser		170	2646	316	980	300	622																																																																															
Anzahl x Durchmesser		253	466	83	389	144	115																																																																															
L x D x A		4.119	83.357	4.355	32.837	6.097	8.702																																																																															
Zwischenfazit Himmelgarten (Strom): Strombekämpfung auf Mittelstreifen einer Bundesautobahn mit bisher nur bedingt einzuordnenden Effekten, da 2021 BT1 zu früh und BT 2 zu spät. Die Strombekämpfung mit drei BT/a zeigt hier gegenüber Heißwasser (4 BT/a) bislang geringere Effekte.																																																																																						

A9 bei Himmelgarten, Mittelstreifen (Strom)

Fotodokumentation 2021



Knöterichbestand an der A9 im Mittelstreifen bei Himmelgarten 13 Tage nach BT 1 2021 (Foto: 18.05.2021, kaltes Frühjahr)



Vermessen des Knöterichbestands an der A9 im Mittelstreifen bei Himmelgarten vor BT 2 2021 (Foto: 06.07.2021)

A9 bei Himmelgarten, Mittelstreifen (Strom)

Fotodokumentation 2022



Knöterichbestand an der A9 im Mittelstreifen bei Himmelgarten vor BT 1 2022 (17.05.2022)



Knöterichbestand an der A9 im Mittelstreifen bei Himmelgarten vor BT 2 2022 (29.06.2022)

6.4.3.3 A45 Münchholzhausen, Hinterseite Lärmschutzwall (Strom)

Ergebnis-Steckbrief																																																																												
Knöterichsippe: F. sachalinensis Straße: BAB A45 Lage: Lärmschutzwall				Bekämpfungsverfahren: Elektrobekämpfung (1 Bestand) Größe Ausgangsbestand: 64 m ²																																																																								
Bekämpfungstermine (BT) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BT1</td> <td></td> <td>26.05.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT2</td> <td>23.07.</td> <td>21.07.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT3</td> <td>20.09.</td> <td>11.10.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					2021	2022	2023	BT1		26.05.		BT2	23.07.	21.07.		BT3	20.09.	11.10.		BT4				Vermessungstermine (V) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V1</td> <td>29.04.</td> <td>18.05.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V2</td> <td>16.07.</td> <td>23.06.³⁾</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V3</td> <td>19.09.</td> <td>15.07.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V4</td> <td></td> <td>06.10.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					2021	2022	2023	V1	29.04.	18.05.		V2	16.07.	23.06. ³⁾		V3	19.09.	15.07.		V4		06.10.																														
	2021	2022	2023																																																																									
BT1		26.05.																																																																										
BT2	23.07.	21.07.																																																																										
BT3	20.09.	11.10.																																																																										
BT4																																																																												
	2021	2022	2023																																																																									
V1	29.04.	18.05.																																																																										
V2	16.07.	23.06. ³⁾																																																																										
V3	19.09.	15.07.																																																																										
V4		06.10.																																																																										
Ergebnisse Vermessung (∅ aus 2 Dauerprobeflächen) <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Parameter</th> <th rowspan="2">Einh.</th> <th colspan="2">2021</th> <th colspan="3">2022</th> <th rowspan="2">2023...</th> </tr> <tr> <th>16.07.</th> <th>19.09.¹⁾</th> <th>18.05.</th> <th>15.07.</th> <th>06.10.²⁾</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Deckungsgrad <i>Fallopia</i></td> <td>%</td> <td>93</td> <td></td> <td>85</td> <td>40</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>∅ Durchmesser Sprosse</td> <td>mm</td> <td>15,6</td> <td></td> <td>11,6</td> <td>6,4</td> <td>3,4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>∅ Länge Sprosse</td> <td>cm</td> <td>269</td> <td></td> <td>146</td> <td>60</td> <td>15</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Anzahl Sprosse</td> <td></td> <td>13,5</td> <td></td> <td>13,5</td> <td>9,5</td> <td>1,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Länge x Durchmesser</td> <td></td> <td>4.196</td> <td></td> <td>1.694</td> <td>384</td> <td>51</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Anzahl x Durchmesser</td> <td></td> <td>211</td> <td></td> <td>157</td> <td>61</td> <td>3,4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L x D x A</td> <td></td> <td>56.651</td> <td></td> <td>22.864</td> <td>3.648</td> <td>51</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>¹⁾ Fläche wurde relativ kurz vor der Elektrobekämpfung gemulcht ²⁾ Nach extremer Sommertrockenheit ³⁾ Terminverschiebung auf Mitte Juli wegen defekter Elektrolanze Tabelle ohne V2/2022</p>								Parameter	Einh.	2021		2022			2023...	16.07.	19.09. ¹⁾	18.05.	15.07.	06.10. ²⁾	Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	93		85	40	1		∅ Durchmesser Sprosse	mm	15,6		11,6	6,4	3,4		∅ Länge Sprosse	cm	269		146	60	15		Anzahl Sprosse		13,5		13,5	9,5	1,0		Länge x Durchmesser		4.196		1.694	384	51		Anzahl x Durchmesser		211		157	61	3,4		L x D x A		56.651		22.864	3.648	51	
Parameter	Einh.	2021		2022			2023...																																																																					
		16.07.	19.09. ¹⁾	18.05.	15.07.	06.10. ²⁾																																																																						
Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	93		85	40	1																																																																						
∅ Durchmesser Sprosse	mm	15,6		11,6	6,4	3,4																																																																						
∅ Länge Sprosse	cm	269		146	60	15																																																																						
Anzahl Sprosse		13,5		13,5	9,5	1,0																																																																						
Länge x Durchmesser		4.196		1.694	384	51																																																																						
Anzahl x Durchmesser		211		157	61	3,4																																																																						
L x D x A		56.651		22.864	3.648	51																																																																						
Zwischenfazit Münchholzhausen (Strom): Die Elektrobekämpfung hat ab dem zweiten Jahr zu einem verminderten Aufwuchs geführt. Wahrscheinlich hat sich hier auch das zusätzliche Mulchen der Bestände relativ kurz vor BT 2 2021 sowie die Sommertrockenheit in 2022 negativ auf das Wachstum ausgewirkt.																																																																												

A45 Münchholzhausen, Lärmschutzwall (Strom)

Fotodokumentation 2021



Sachalin-Staudenknöterich an der Hinterseite des Lärmschutzwalls der A45 bei Münchholzhausen vor BT 1 2021 (16.07.2021)



Sachalin-Staudenknöterich bei Münchholzhausen vor BT 2 2021 (Foto vom 19.09.2021). Entgegen der Absprache wurde der Staudenknöterich bei der regulären Böschungspflege leider mit abgemäht

A45 Münchholzhausen, Lärmschutzwall (Strom)

Fotodokumentation 2022



Sachalin-Staudenknöterich an der Hinterseite des Lärmschutzwalls der A45 bei Münchholzhausen vor BT 1 2022 (18.05.2022)



Sachalin-Staudenknöterich bei Münchholzhausen kurz vor BT 2 2022 (15.07.2022). Der Knöterich ist nach der Bekämpfung relativ schwach ausgetrieben. Wahrscheinlich hat auch die extreme Sommertrockenheit die Regeneration erschwert

A45 Münchholzhausen, Lärmschutzwall (Strom)

Fotodokumentation 2022



Der Sachalin-Staudenknöterich bei Münchholzhausen regeneriert sich schwach und steht unter Trockenstress (Foto 07.09.2022)



Schwache Regeneration des Sachalin-Staudenknöterichs bis BT 3 (Foto 06.10.2022). Der Straßenrand wurde zwischenzeitlich gemäht und dabei die randlich wachsenden Knöterichtriebe abgemäht.

6.4.3.4 A3 Autobahnkreuz Frankfurt Süd (Strom)

Ergebnis-Steckbrief																																																																																						
Knöterichsippe: F. japonica Straße: BAB A3 Lage: Bankett/Nebenfläche				Bekämpfungsverfahren: Elektrobekämpfung (1 Bestand) Größe Ausgangsbestand: 38 m ² 2 Dauerprobeflächen																																																																																		
Bekämpfungstermine (BT) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BT1</td> <td>03.05.</td> <td>25.05.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT2</td> <td>20.07.</td> <td>22.07.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT3</td> <td>21.09.</td> <td>12.10.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					2021	2022	2023	BT1	03.05.	25.05.		BT2	20.07.	22.07.		BT3	21.09.	12.10.		BT4				Vermessungstermine (V) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V1</td> <td>03.05.</td> <td>20.05.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V2</td> <td>18.07.</td> <td>23.06.²⁾</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V3</td> <td>19.09.</td> <td>16.07.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V4</td> <td></td> <td>07.10.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						2021	2022	2023	V1	03.05.	20.05.		V2	18.07.	23.06. ²⁾		V3	19.09.	16.07.		V4		07.10.																																							
	2021	2022	2023																																																																																			
BT1	03.05.	25.05.																																																																																				
BT2	20.07.	22.07.																																																																																				
BT3	21.09.	12.10.																																																																																				
BT4																																																																																						
	2021	2022	2023																																																																																			
V1	03.05.	20.05.																																																																																				
V2	18.07.	23.06. ²⁾																																																																																				
V3	19.09.	16.07.																																																																																				
V4		07.10.																																																																																				
Ergebnisse Vermessung (Ø aus 2 Dauerprobeflächen) <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Parameter</th> <th rowspan="2">Einh.</th> <th colspan="3">2021</th> <th colspan="3">2022</th> <th rowspan="2">2023...</th> </tr> <tr> <th>03.05.¹⁾</th> <th>18.07.</th> <th>19.09.</th> <th>20.05.</th> <th>16.07.²⁾</th> <th>07.10.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Deckungsgrad <i>Fallopia</i></td> <td>%</td> <td>20</td> <td>4</td> <td>70</td> <td>38</td> <td>55</td> <td>24</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ø Durchmesser Sprosse</td> <td>mm</td> <td>7,8</td> <td>4,2</td> <td>4,5</td> <td>6,2</td> <td>4,6</td> <td>3,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ø Länge Sprosse</td> <td>cm</td> <td>24</td> <td>8</td> <td>63</td> <td>51</td> <td>38</td> <td>21</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Anzahl Sprosse</td> <td></td> <td>35,0</td> <td>22,5</td> <td>23,0</td> <td>21,0</td> <td>13,0</td> <td>12,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Länge x Durchmesser</td> <td></td> <td>187</td> <td>34</td> <td>284</td> <td>316</td> <td>175</td> <td>63</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Anzahl x Durchmesser</td> <td></td> <td>273</td> <td>95</td> <td>104</td> <td>130</td> <td>60</td> <td>38</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L x D x A</td> <td></td> <td>6.552</td> <td>756</td> <td>6.521</td> <td>6.640</td> <td>2.272</td> <td>788</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>* kaltes Frühjahr (Vermessung und Bekämpfung zu phänologisch sehr frühem Zeitpunkt) ¹⁾ extreme Sommertrockenheit ²⁾ Terminverschiebung auf Mitte Juli durch defekte Elektrolanze Tabelle ohne V2/2022</p>									Parameter	Einh.	2021			2022			2023...	03.05. ¹⁾	18.07.	19.09.	20.05.	16.07. ²⁾	07.10.	Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	20	4	70	38	55	24		Ø Durchmesser Sprosse	mm	7,8	4,2	4,5	6,2	4,6	3,0		Ø Länge Sprosse	cm	24	8	63	51	38	21		Anzahl Sprosse		35,0	22,5	23,0	21,0	13,0	12,5		Länge x Durchmesser		187	34	284	316	175	63		Anzahl x Durchmesser		273	95	104	130	60	38		L x D x A		6.552	756	6.521	6.640	2.272	788	
Parameter	Einh.	2021			2022			2023...																																																																														
		03.05. ¹⁾	18.07.	19.09.	20.05.	16.07. ²⁾	07.10.																																																																															
Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	20	4	70	38	55	24																																																																															
Ø Durchmesser Sprosse	mm	7,8	4,2	4,5	6,2	4,6	3,0																																																																															
Ø Länge Sprosse	cm	24	8	63	51	38	21																																																																															
Anzahl Sprosse		35,0	22,5	23,0	21,0	13,0	12,5																																																																															
Länge x Durchmesser		187	34	284	316	175	63																																																																															
Anzahl x Durchmesser		273	95	104	130	60	38																																																																															
L x D x A		6.552	756	6.521	6.640	2.272	788																																																																															
Zwischenfazit AK Frankfurt Süd (Strom): Elektrobekämpfung auf Bankett und Nebenfläche einer Bundesautobahn. Der Staudenknöterich wurde durch die Maßnahmen merklich geschwächt.																																																																																						

A3 Autobahnkreuz Frankfurt Süd (Strom)

Fotodokumentation 2021



Japanknöterichbestand an der A3 am Bankett und auf Nebenflächen vor BT 1 2021 (Foto: 03.05.2021, früher Termin, kaltes Frühjahr)



Japanknöterichbestand an der A3 am Bankett und auf Nebenflächen vor BT 3 2021 (Foto: 19.09.2021)

A3 Autobahnkreuz Frankfurt Süd (Strom)

Fotodokumentation 2022



Japanknöterich an der A3 vor BT 1 2022 (20.05.2022). Es wurden Schilder mit der Bitte um Mahdverzicht aufgestellt



Japanknöterichbestand an der A3 kurze Zeit vor BT 3 (Elektrobekämpfung) 2022

A3 Autobahnkreuz Frankfurt Süd (Strom)

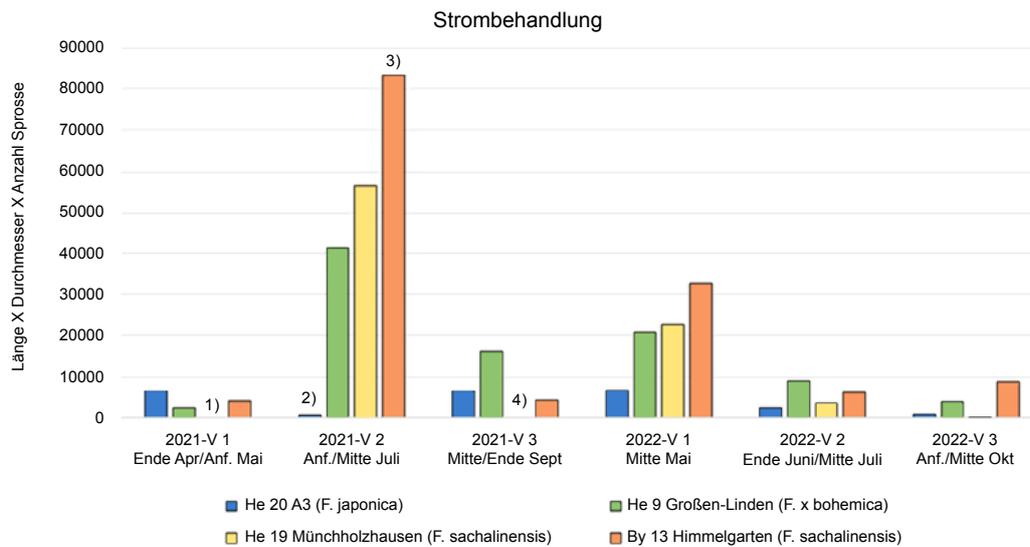
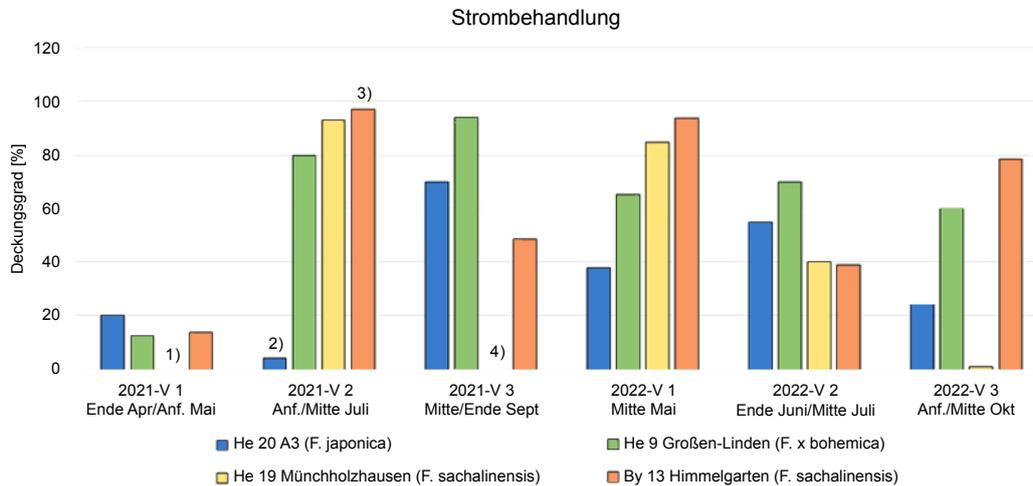
Fotodokumentation



Japanknöterichbestand an der A3 jeweils kurze Zeit vor BT 3 (Elektrobekämpfung) 2021 und 2022. Der Bestand ist im Vergleich zum Vorjahr kleiner geworden.

6.4.3.5 Überblick „Strombekämpfung“ mit Fazit (vorläufig)

Das folgende Bild 32 zeigt im Überblick die Ergebnisse der Maßnahmen „Strombekämpfung“ mit der Elektrolanze an insgesamt vier Beständen an den Standorten Autobahnkreuz Frankfurt Süd (A3), Großen-Linden (A485), Münchholzhausen (A45) und Himmelgarten (A9) für die Jahre 2021 und 2022.



- 1): Maßnahmenbeginn in Müncholzhausen Mitte Juli 2021 (Ersatz für Fläche in Oettingen)
 2): Fläche an der A3 wurde kurze Zeit vor der Behandlung gemulcht
 3): Im Juli 2021 keine Strombehandlung, da Leitfähigkeit durch Bodentrockenheit zu gering, ausgerissen
 4): Fläche in Müncholzhausen wurde kurz vor der 2. Strombehandlung gemulcht
 V = Vermessungstermin kurze Zeit vor der Maßnahme

Bild 32: Wirkungvergleich der Strombehandlung auf Staudenknöterich der Untersuchungsflächen in Hessen und Bayern

Die obere Grafik zeigt den Verlauf der Deckungsgrade in den entsprechenden Dauerprobenflächen, die untere den Verlauf des Hilfswertes aus dem Produkt der gemittelten Parameterwerte für Anzahl, Durchmesser und Länge der Sprosse direkt am Maßnahmentermin oder kurze Zeit vor Umsetzung der Maßnahmen.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass alle mit der Elektrolanze behandelten Staudenknöterichbestände auf den unterschiedlichen Standorten bis Ende 2022 merklich zurückgegangen sind. Dieser Rückgang zeigte sich aber erst im zweiten Jahr deutlich, wobei zu berücksichtigen ist, dass im ersten Jahr (2021) die beiden ersten Bekämpfungen nicht zu den optimalen Zeitpunkten durchgeführt wurden (1. Bekämpfung phänologisch zu früh, Pause zu zweiter Bekämpfung mit ca. 8 Wochen zu groß).

Im ersten Maßnahmenjahr 2021 waren die Staudenknöteriche an den Standorten Großen-Linden, Müncholzhäuser (He) und Himmelgarten (By) vor der ersten Behandlung Ende April/Anfang Mai durch das kalte Frühjahr erst schwach und mit wenigen Sprossen ausgetrieben. Damit waren nur wenige und sehr kleine Sprosse für die Elektrobehandlung vorhanden. Der Staudenknöterich an der A3 (Südkreuz Frankfurt) im wärmebegünstigten Südhessen war hingegen schon deutlich größer, so dass hier zahlreiche Sprosse mit der Elektrolanze bearbeitet werden konnten.

Etwa ein bis zwei Wochen vor der zweiten Elektrobehandlung wurde der Bestand an der A3 im Rahmen der Bankettpflege gemulcht und war daher zur zweiten Behandlung erst schwach nachgewachsen. Im Juli 2021 war der Boden im Bereich des Mittelstreifens am Bestand Himmelgarten nach Mitteilung der die Elektrobehandlung durchführenden Firma so trocken, dass die Stromleitfähigkeit des Bodens zu gering für die Anwendung war. Anstelle der Elektrobekämpfung riss der Mitarbeiter die Staudenknöterichsprosse im Mittelstreifen aus. Dies ist bei der Interpretation der Grafik (2021-V2) zu beachten. Insgesamt war der Knöterich-Bestand im Mittelstreifen im ersten Versuchsjahr etwas wuchsschwächer als die anderen Staudenknöterichvorkommen. Möglicherweise ist dies auf die Standortsituation im Mittelstreifen und/oder auf die Mahd im Rahmen der Bankettpflege der Vorjahre zurückzuführen. An den beiden hessischen Standorten trieben die Staudenknöteriche nach der ersten Behandlung stark aus und erreichten vor der zweiten Elektrobehandlung Anfang/Mitte Juli 2021 hohe Deckungsgrade bis 97% und zum Teil auch sehr große Wuchshöhen. Hieraus lässt sich folgern, dass der erste Behandlungstermin zu früh im Jahr bzw. die Pause zwischen dem ersten und dem zweiten Bekämpfungstermin zu groß gewesen war. Daher wurde im zweiten Behandlungsjahr ein späterer Termin für die erste Maßnahme Ende Mai (24.5. bis 26.5.22) angesetzt und ein geringerer Abstand zwischen den Maßnahmen angestrebt. Nach der zweiten Elektrobehandlung in 2021 war der Sprossaustrieb des Staudenknöterichs an allen drei Versuchsstandorten verringert und die Pflanzen zeigten ein deutlich geringeres Längen- und leicht verringertes Dickenwachstum, wiesen aber einen noch vergleichsweise hohen Deckungsgrad auf.

Der Sachalin-Staudenknöterich in Müncholzhäuser wurde im ersten Behandlungsjahr nach dem Wegfall des für die Maßnahmenprobung ausgewählten Staudenknöterichbestands mit Wildtulpenvorkommen in Oettingen kurzfristig als Ersatzbestand ausgewählt und daher erst im Juli 2021 erstmalig bekämpft. Eine zweite Elektrobehandlung konnte hier allerdings nur eingeschränkt erfolgen, weil der Bestand gemulcht wurde und zum Behandlungstermin nur wenige kleine Nachtriebe aufwies. Im zweiten Maßnahmenjahr litt dieser Bestand über den Sommer 2022 deutlich stärker unter der Trockenheit und Hitze als die anderen Bestände und wies im Herbst vor der dritten Elektrobehandlung nur noch wenige

Nachtriebe auf. Während der Sachalin-Staudenknöterich in Münchholzhausen im zweiten Behandlungsjahr deutlich durch die Elektrobehandlung und die Trockenheit geschwächt wurde, war der Bestandsrückgang des Sachalin-Staudenknöterichs im Mittelstreifen der A9 bei Himmelgarten vergleichsweise gering. Deckungsgrad sowie der Hilfwert (Länge x Durchmesser x Anzahl) war sogar höher als vor der letzten Maßnahme des Vorjahres.

Die Strombekämpfung mittels Elektrolanze ist zeitaufwendig, weil jeder einzelne Spross mit der Lanze behandelt werden muss. Sie ist daher vor allem für kleine (bis 20 m²) bis maximal mittelgroße (20 bis 200 m²) Bestände geeignet. Trotz der merklichen Reduzierung des Staudenknöterichs mittels Strombekämpfung auf den meisten Probestellen ist nach zwei Vegetationsperioden eine vollständige und nachhaltige Beseitigung der Knöterichbestände deutlich noch nicht erfolgt und frühestens nach einigen Jahren zu erwarten.

Relevanten Einfluss auf den Maßnahmenerfolg hat die Wahl des Behandlungstermins. So sollte zur ersten Behandlung im Frühjahr ausreichend Aufwuchs vorhanden sein, damit über möglichst viele Sprosse elektrischer Strom in die Rhizome geleitet werden kann. Zudem sollte der Staudenknöterich möglichst viele seiner Reservestoffe für den Wiederaufwuchs verbraucht haben. Die größte Schwächung der Pflanzen ist zu erwarten, wenn die Sprosse mit einer gewissen Aufwuchsmasse beseitigt werden, bevor diese neue Reservestoffe produzieren und einlagern können. Der erste Maßnahmentermin sollte daher nicht zu früh im Jahr angesetzt werden und sich an der Aufwuchshöhe orientieren. Zudem sollten die Abstände besonders in der Hauptwachstumszeit zwischen der ersten und zweiten Bekämpfung nicht zu groß sein und etwa (5 bis) 6 Wochen betragen. Im Falle ausgeprägter Sommertrockenheit und damit verringertem Aufwuchs kann es aus oben genannten Gründen sinnvoll sein, den zeitlichen Abstand zwischen den Maßnahmen zu vergrößern.

6.4.4 Heißwasserbekämpfung

6.4.4.1 A9 bei Himmelgarten, Mittelstreifen (Heißwasser)

Ergebnis-Steckbrief								
Knöterichsippe: F. sachalinensis Straße: BAB A9 Lage: Mittelstreifen				Bekämpfungsverfahren: Heißwasser (1 Bestand) Größe Ausgangsbestand: 165 m ²				
Bekämpfungstermine (BT)				Vermessungstermine (V)				
	2021	2022	2023		2021	2022	2023	
BT1	18.05.	17.05.		V1	(05.05.)	17.05.		
BT2	06.07.	29.06.		V2	18.05.	29.06.		
BT3	09.08.	03.08.		V3	06.07.	12.10.		
BT4	23.09.	12.10.		V4	23.09.			
Ergebnisse Vermessung (Ø aus 3 Dauerprobeflächen)								
Parameter	Einh.	2021			2022			2023...
		18.05.*	06.07.	23.09.	17.05.	29.06.	12.10.	
Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	41	89	3,3	2,3	1,8	0,2	
Ø Durchmesser Sprosse	mm	10,2	8,9	3,5	3,3	2,6	0,7	
Ø Länge Sprosse	cm	33,3	82,7	12,0	10,3	14,7	2,7	
Anzahl Sprosse		42,7	57,7	4,3	2,3	1,3	1,3	
Länge x Durchmesser		340	736	42	34	38	2	
Anzahl x Durchmesser		436	514	15	8	3	1	
L x D x A		14.503	42.469	181	78	50	2	
* kaltes Frühjahr (Vermessung und Bekämpfung zu phänologisch sehr frühem Zeitpunkt) Tabelle ohne V1/2021								
Zwischenfazit Himmelgarten (Heißwasser): Heißwasserbekämpfung auf Mittelstreifen einer Bundesautobahn mit deutlichen Effekten gegen Ende des ersten Behandlungsjahres sowie im zweiten Behandlungsjahr. Auffällig ist das starke Wachstum zwischen BT1 und BT2 im Jahr 2021, welches in 2022 nur noch sehr stark reduziert stattgefunden hat.								

A9 bei Himmelgarten, Mittelstreifen (Heißwasser)

Fotodokumentation 2021



Knöterichbestand an der A9 im Mittelstreifen bei Himmelgarten vor BT 1 2021 (18.05.2021, kaltes Frühjahr)



Knöterichbestand an der A9 im Mittelstreifen bei Himmelgarten vor BT 2 2021 (06.07.2021)

A9 bei Himmelgarten, Mittelstreifen (Heißwasser)

Fotodokumentation 2022



Spärlicher Knöterichbestand an der A9 im Mittelstreifen bei Himmelgarten vor BT 1 2022 (17.05.2022)



Geringer Knöterichnachwuchs an der A9 im Mittelstreifen bei Himmelgarten vor BT 2 2022, zunehmende Konkurrenz durch andere Arten (Foto 29.06.2022)

6.4.4.2 A9 Böschung nördlich Neunkirchen a. Sand (Heißwasser)

Ergebnis-Steckbrief																																															
Knöterichsippe: F. japonica Straße: BAB A9 Lage: Böschung				Bekämpfungsverfahren: Heißwasser (1 Bestand) Größe Ausgangsbestand: 25 m ²																																											
Bekämpfungstermine (BT) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BT1</td> <td>18.05.</td> <td>17.05.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT2</td> <td>06.07.</td> <td>29.06.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT3</td> <td>09.08.</td> <td>03.08.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BT4</td> <td>23.09.</td> <td>12.10.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					2021	2022	2023	BT1	18.05.	17.05.		BT2	06.07.	29.06.		BT3	09.08.	03.08.		BT4	23.09.	12.10.		Vermessungstermine (V) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V1</td> <td>18.05.</td> <td>17.05.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V2</td> <td>06.07.</td> <td>29.06.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V3</td> <td></td> <td>12.10.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					2021	2022	2023	V1	18.05.	17.05.		V2	06.07.	29.06.		V3		12.10.		V4			
	2021	2022	2023																																												
BT1	18.05.	17.05.																																													
BT2	06.07.	29.06.																																													
BT3	09.08.	03.08.																																													
BT4	23.09.	12.10.																																													
	2021	2022	2023																																												
V1	18.05.	17.05.																																													
V2	06.07.	29.06.																																													
V3		12.10.																																													
V4																																															
Ergebnisse Vermessung																																															
Parameter	Einh.	2021		2022			2023...																																								
		18.05.*	06.07.	17.05	29.06.	12.10.																																									
Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	60	99	95	85	40																																									
∅ Durchmesser Sprosse	mm	11,9	10,7	6,4	4,4	2,7																																									
∅ Länge Sprosse	cm	70	136	74	51	22																																									
Anzahl Sprosse		28	30	52	81	45																																									
Länge x Durchmesser		833	1.455	474	224	59																																									
Anzahl x Durchmesser		333	321	332	352	122																																									
L x D x A		23.324	43.656	24.627	18.176	2.673																																									
* kaltes Frühjahr (Vermessung und Bekämpfung zu phänologisch sehr frühem Zeitpunkt) Kein V3/2021, da Bereich mit Dauerbeobachtungsfläche zum Aufnahmezeitpunkt relativ frisch gemulcht																																															
Zwischenfazit Neunkirchen (Heißwasser):																																															
Heißwasserbekämpfung auf Böschung mit erkennbaren Effekten ab Sommer des zweiten Behandlungsjahres. Auffällig ist das starke Wachstum zwischen BT1 und BT2 im Jahr 2021, während der zweite Aufwuchs in 2022 nur noch reduziert stattgefunden hat.																																															

A9 Böschung nördlich Neunkirchen a. Sand (Heißwasser)

Fotodokumentation 2021



Knöterichbestand an der A9-Böschung bei Neunkirchen vor BT 1 2021 (18.05.2021, kaltes Frühjahr)



Knöterichbestand an der A9-Böschung bei Neunkirchen vor BT 2 2021 (06.07.2021)

A9 Böschung nördlich Neunkirchen a. Sand (Heißwasser)

Fotodokumentation 2022



Knöterichbestand an der A9-Böschung bei Neunkirchen vor BT 1 2022 (17.05.2022)



Knöterichbestand an der A9-Böschung bei Neunkirchen vor BT 2 2022 (29.06.2022)

6.4.4.3 A9 Böschung südlich Letten, südliches Vorkommen (Heißwasser)

Ergebnis-Steckbrief							
Knöterichsippe: F. sachalinensis Straße: BAB A9 Lage: Böschung				Bekämpfungsverfahren: Heißwasser (1 Bestand) Größe Ausgangsbestand: 99 m ²			
Bekämpfungstermine (BT)				Vermessungstermine (V)			
	2021	2022	2023		2021	2022	2023
BT1	18.05.	17.05.		V1	05.05.	17.05.	
BT2	06.07.	29.06.		V2	k. E.	29.06.	
BT3	09.08.	03.08.		V3	06.07.	12.10.	
BT4	23.09.	12.10.		V4	23.09.		
Ergebnisse Vermessung							
Parameter	Einh.	2021		2022			2023...
		06.07.*	23.09.	17.05.	29.06.	12.10.	
Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	98	79	80	53	45	
Ø Durchmesser Sprosse	mm	8,5	3,6	6,9	4,1	3,4	
Ø Länge Sprosse	cm	87,0	32,5	54,5	44,0	25,5	
Anzahl Sprosse		31	40,5	38,5	34,5	28,5	
Länge x Durchmesser		740	117	376	180	87	
Anzahl x Durchmesser		264	146	266	141	97	
L x D x A		22.925	4.739	14.478	6.224	2.471	
* nur obere Dauerbeobachtungsfläche, da Bereich um untere Dauerfläche vorher gemulcht Tabelle ohne V1/2021 (zu früh) und V2/2021 (keine Erfassung aus organisatorischen Gründen)							
Zwischenfazit Letten (Heißwasser): Heißwasserbekämpfung auf Böschung mit erkennbaren Effekten im zweiten Behandlungsjahr.							

A9 Böschung südlich Letten, südliches Vorkommen (Heißwasser)

Fotodokumentation 2021



Knöterichbestand an der A9-Böschung bei Letten 14 Tage nach BT 1 2021 (Foto: 02.06.2021)



Knöterichbestand an der A9-Böschung bei Letten vor BT 2 2021, unterer Böschungsbereich frisch gemulcht (Foto: 06.07.2021)

A9 Böschung südlich Letten, südliches Vorkommen (Heißwasser)

Fotodokumentation 2022



Knöterichbestand an der A9-Böschung bei Letten während BT 1 2022 (Foto: 17.05.2022)



Knöterichbestand an der A9-Böschung bei Neunkirchen vor BT 2 2022 (Foto: 29.06.2022)

6.4.4.4 Hessen-Forst – 1: Dutenhofen (Heißwasser)

Ergebnis-Steckbrief																																																																																																										
Knöterichsippe: F. sachalinensis Straße: Lahnaue Lage: neben Fußweg					Bekämpfungsverfahren: Heißwasser (1 Bestand) Größe Ausgangsbestand: 566 m ²																																																																																																					
Bekämpfungstermine (BT) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2020</th> <th>2021</th> <th>2022</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BT1</td> <td>07.05.</td> <td>19.04.</td> <td>19.04.</td> </tr> <tr> <td>BT2</td> <td>22.06.</td> <td>07.06.</td> <td>07.06.</td> </tr> <tr> <td>BT3</td> <td>27.07.</td> <td>11.10.</td> <td>18.07.</td> </tr> <tr> <td>BT4</td> <td>31.08.</td> <td></td> <td>17.10.</td> </tr> <tr> <td>BT5</td> <td>05.10.</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						2020	2021	2022	BT1	07.05.	19.04.	19.04.	BT2	22.06.	07.06.	07.06.	BT3	27.07.	11.10.	18.07.	BT4	31.08.		17.10.	BT5	05.10.			Vermessungstermine (V) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2020</th> <th>2021</th> <th>2022</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V1</td> <td>05.05.</td> <td>17.04.</td> <td>16.04.</td> </tr> <tr> <td>V2</td> <td>21.06.</td> <td>06.06.</td> <td>06.06.</td> </tr> <tr> <td>V3</td> <td>19.07.</td> <td>19.09.</td> <td>15.07.</td> </tr> <tr> <td>V4</td> <td>27.08.</td> <td></td> <td>06.10.</td> </tr> <tr> <td>V5</td> <td>02.10.</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							2020	2021	2022	V1	05.05.	17.04.	16.04.	V2	21.06.	06.06.	06.06.	V3	19.07.	19.09.	15.07.	V4	27.08.		06.10.	V5	02.10.																																																		
	2020	2021	2022																																																																																																							
BT1	07.05.	19.04.	19.04.																																																																																																							
BT2	22.06.	07.06.	07.06.																																																																																																							
BT3	27.07.	11.10.	18.07.																																																																																																							
BT4	31.08.		17.10.																																																																																																							
BT5	05.10.																																																																																																									
	2020	2021	2022																																																																																																							
V1	05.05.	17.04.	16.04.																																																																																																							
V2	21.06.	06.06.	06.06.																																																																																																							
V3	19.07.	19.09.	15.07.																																																																																																							
V4	27.08.		06.10.																																																																																																							
V5	02.10.																																																																																																									
Ergebnisse Vermessung (Ø aus 2 Dauerprobeflächen) <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Parameter</th> <th rowspan="2">Einh.</th> <th colspan="2">2020</th> <th colspan="3">2021</th> <th colspan="3">2022</th> <th rowspan="2">2023</th> </tr> <tr> <th>05.05.</th> <th>02.10.</th> <th>17.04.*</th> <th>06.06.</th> <th>19.09.</th> <th>06.06.</th> <th>15.07.</th> <th>06.10.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Deckungsgrad <i>Fallopia</i></td> <td>%</td> <td>95</td> <td>12,5</td> <td>8</td> <td>72,5</td> <td>98</td> <td>99</td> <td>42,5</td> <td>67,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ø Durchmesser Sprosse</td> <td>mm</td> <td>12,9</td> <td>4,5</td> <td>5,1</td> <td>5,8</td> <td>6,1</td> <td>9,0</td> <td>5,5</td> <td>4,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ø Länge Sprosse</td> <td>cm</td> <td>108</td> <td>13</td> <td>3</td> <td>73</td> <td>71</td> <td>130</td> <td>38</td> <td>47</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Anzahl Sprosse</td> <td></td> <td>18</td> <td>6</td> <td>24</td> <td>28</td> <td>11</td> <td>19</td> <td>21</td> <td>16</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Länge x Durchmesser</td> <td></td> <td>1.393</td> <td>59</td> <td>15</td> <td>423</td> <td>433</td> <td>1.170</td> <td>209</td> <td>212</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Anzahl x Durchmesser</td> <td></td> <td>232</td> <td>25</td> <td>120</td> <td>160</td> <td>64</td> <td>167</td> <td>116</td> <td>70</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L x D x A</td> <td></td> <td>25.078</td> <td>322</td> <td>360</td> <td>11.644</td> <td>4.548</td> <td>21.645</td> <td>4.389</td> <td>3.278</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>* sehr frühe Aufnahme (vor BT 1/2021) ausgewählte Termine zu Beginn, Mitte und Ende des jeweiligen Maßnahmenjahres</p>											Parameter	Einh.	2020		2021			2022			2023	05.05.	02.10.	17.04.*	06.06.	19.09.	06.06.	15.07.	06.10.	Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	95	12,5	8	72,5	98	99	42,5	67,5		Ø Durchmesser Sprosse	mm	12,9	4,5	5,1	5,8	6,1	9,0	5,5	4,5		Ø Länge Sprosse	cm	108	13	3	73	71	130	38	47		Anzahl Sprosse		18	6	24	28	11	19	21	16		Länge x Durchmesser		1.393	59	15	423	433	1.170	209	212		Anzahl x Durchmesser		232	25	120	160	64	167	116	70		L x D x A		25.078	322	360	11.644	4.548	21.645	4.389	3.278	
Parameter	Einh.	2020		2021			2022			2023																																																																																																
		05.05.	02.10.	17.04.*	06.06.	19.09.	06.06.	15.07.	06.10.																																																																																																	
Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	95	12,5	8	72,5	98	99	42,5	67,5																																																																																																	
Ø Durchmesser Sprosse	mm	12,9	4,5	5,1	5,8	6,1	9,0	5,5	4,5																																																																																																	
Ø Länge Sprosse	cm	108	13	3	73	71	130	38	47																																																																																																	
Anzahl Sprosse		18	6	24	28	11	19	21	16																																																																																																	
Länge x Durchmesser		1.393	59	15	423	433	1.170	209	212																																																																																																	
Anzahl x Durchmesser		232	25	120	160	64	167	116	70																																																																																																	
L x D x A		25.078	322	360	11.644	4.548	21.645	4.389	3.278																																																																																																	
Zwischenfazit Dutenhofen (Heißwasser): Im ersten Jahr (2020) war ein deutlicher Rückgang des Bestands erkennbar. Im zweiten Bekämpfungsjahr hat die erste, sehr früh terminierte Bekämpfung einen geringen Effekt auf den Knöterichaufwuchs gehabt. Nach der 2. Bekämpfung Anfang Juni erfolgte die weitere Bekämpfung bedingt durch Einreisebeschränkungen von den Niederlanden nach Deutschland in der Corona-Pandemie erst wieder Mitte Oktober, was dem Knöterich die Möglichkeit zur Regeneration bot. Die erste Bekämpfung des dritten Maßnahmenjahres war wieder sehr früh im April angesetzt – einem Zeitpunkt, als der Knöterich auf dem besonnenen Standort gerade auszutreiben begann und erste Blätter gebildet hatte.																																																																																																										

Hessen-Forst – 1: Dutenhofen (Heißwasser)

Fotodokumentation 2020



Sachalin-Knöterichbestand vor der 1. Bekämpfung 2020 (05.05.2020)



Blick auf den Bestand auf der linken Wegseite Richtung Lahn vor BT 1 2020 (05.05.2020)

Hessen-Forst – 1: Dutenhofen (Heißwasser)

Fotodokumentation 2020



Sachalin-Knöterich vor BT 4 2020 (27.08.2020)



Sachalin-Knöterich vor BT 5 2020 (04.10.2020). Der Bestand wurde durch die intensive Behandlung bis Oktober stark zurückgedrängt.

Hessen-Forst – 1: Dutenhofen (Heißwasser)

Fotodokumentation 2021



Bestand vor BT 2 2021, merklich durchsetzt von Konkurrenzvegetation (06.06.2021)



Bestand vor BT 5 2021 (19.09.2021). Der Knöterich ist niedrigwüchsig, hat aber Blüten ausgebildet.

Hessen-Forst – 1: Dutenhofen (Heißwasser)

Fotodokumentation 2022



Sachalin-Knöterich am 16.4.2022, vor BT 1(Überbrühen und Bodenbearbeitung mit Lanze) am 19.04.2022. Der Knöterich ist erst schwach.



Bestand am 6.6.2022 kurz vor BT 2 im dritten Maßnahmenjahr der Heißwasserbehandlung

Hessen-Forst – 1: Dutenhofen (Heißwasser)

Fotodokumentation 2022



Sachalin-Knöterich vor BT 4 im 3. Maßnahmenjahr (2022, nach 11 Behandlungen mit heißem Wasser)



Sachalin-Knöterich vor BT 4 im 3. Maßnahmenjahr (2022, nach 11 Behandlungen mit heißem Wasser)

6.4.4.5 Hessen-Forst 2: Bergwerkswald (Heißwasser)

Ergebnis-Steckbrief																																																																																																										
Knöterichsippe: F. x bohemica Straße: -- Lage: Wald					Bekämpfungsverfahren: Heißwasser (1 Bestand) Größe Ausgangsbestand: 247 m ²																																																																																																					
Bekämpfungstermine (BT) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2020</th> <th>2021</th> <th>2022</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BT1</td> <td>08.05.</td> <td>20.04.</td> <td>20.04.</td> </tr> <tr> <td>BT2</td> <td>24.06.</td> <td>08.06.</td> <td>08.06.</td> </tr> <tr> <td>BT3</td> <td>29.07.</td> <td>13.10.</td> <td>19.07.</td> </tr> <tr> <td>BT4</td> <td>02.09.</td> <td></td> <td>18.10.</td> </tr> <tr> <td>BT5</td> <td>07.10.</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						2020	2021	2022	BT1	08.05.	20.04.	20.04.	BT2	24.06.	08.06.	08.06.	BT3	29.07.	13.10.	19.07.	BT4	02.09.		18.10.	BT5	07.10.			Vermessungstermine (V) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2020</th> <th>2021</th> <th>2022</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V1</td> <td>05.05.</td> <td>17.04.</td> <td>16.04.</td> </tr> <tr> <td>V2</td> <td>21.06.</td> <td>06.06.</td> <td>06.06.</td> </tr> <tr> <td>V3</td> <td>19.07.</td> <td>19.09.</td> <td>15.07.</td> </tr> <tr> <td>V4</td> <td>27.08.</td> <td></td> <td>06.10.</td> </tr> <tr> <td>V5</td> <td>02.10.</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							2020	2021	2022	V1	05.05.	17.04.	16.04.	V2	21.06.	06.06.	06.06.	V3	19.07.	19.09.	15.07.	V4	27.08.		06.10.	V5	02.10.																																																		
	2020	2021	2022																																																																																																							
BT1	08.05.	20.04.	20.04.																																																																																																							
BT2	24.06.	08.06.	08.06.																																																																																																							
BT3	29.07.	13.10.	19.07.																																																																																																							
BT4	02.09.		18.10.																																																																																																							
BT5	07.10.																																																																																																									
	2020	2021	2022																																																																																																							
V1	05.05.	17.04.	16.04.																																																																																																							
V2	21.06.	06.06.	06.06.																																																																																																							
V3	19.07.	19.09.	15.07.																																																																																																							
V4	27.08.		06.10.																																																																																																							
V5	02.10.																																																																																																									
Ergebnisse Vermessung (Ø aus 2 Dauerprobeflächen) <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Parameter</th> <th rowspan="2">Einh.</th> <th colspan="2">2020</th> <th colspan="3">2021</th> <th colspan="3">2022</th> <th rowspan="2">2023</th> </tr> <tr> <th>05.05.</th> <th>02.10.</th> <th>17.04.*</th> <th>06.06.</th> <th>19.09.</th> <th>06.06.</th> <th>15.07.</th> <th>06.10.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Deckungsgrad <i>Fallopia</i></td> <td>%</td> <td>6,5</td> <td>9</td> <td>3</td> <td>15</td> <td>70</td> <td>90</td> <td>88</td> <td>53</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ø Durchmesser Sprosse</td> <td>mm</td> <td>11,4</td> <td>3,2</td> <td>4,6</td> <td>7,8</td> <td>6,1</td> <td>12,0</td> <td>7,2</td> <td>6,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ø Länge Sprosse</td> <td>cm</td> <td>26</td> <td>17</td> <td>5</td> <td>96</td> <td>92</td> <td>178</td> <td>85</td> <td>62</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Anzahl Sprosse</td> <td></td> <td>10</td> <td>9,5</td> <td>8,5</td> <td>18</td> <td>12</td> <td>15</td> <td>17,5</td> <td>11</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Länge x Durchmesser</td> <td></td> <td>296</td> <td>54</td> <td>23</td> <td>749</td> <td>561</td> <td>2.136</td> <td>612</td> <td>372</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Anzahl x Durchmesser</td> <td></td> <td>114</td> <td>30</td> <td>39</td> <td>140</td> <td>73</td> <td>180</td> <td>126</td> <td>66</td> <td></td> </tr> <tr> <td>L x D x A</td> <td></td> <td>2.964</td> <td>517</td> <td>196</td> <td>13.478</td> <td>6.734</td> <td>32.040</td> <td>10.710</td> <td>4.092</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>* sehr frühe Aufnahme (vor BT 1/2021) In Tabelle ausgewählte Termine zu Beginn, Mitte und Ende des jeweiligen Maßnahmenjahres</p>											Parameter	Einh.	2020		2021			2022			2023	05.05.	02.10.	17.04.*	06.06.	19.09.	06.06.	15.07.	06.10.	Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	6,5	9	3	15	70	90	88	53		Ø Durchmesser Sprosse	mm	11,4	3,2	4,6	7,8	6,1	12,0	7,2	6,0		Ø Länge Sprosse	cm	26	17	5	96	92	178	85	62		Anzahl Sprosse		10	9,5	8,5	18	12	15	17,5	11		Länge x Durchmesser		296	54	23	749	561	2.136	612	372		Anzahl x Durchmesser		114	30	39	140	73	180	126	66		L x D x A		2.964	517	196	13.478	6.734	32.040	10.710	4.092	
Parameter	Einh.	2020		2021			2022			2023																																																																																																
		05.05.	02.10.	17.04.*	06.06.	19.09.	06.06.	15.07.	06.10.																																																																																																	
Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	6,5	9	3	15	70	90	88	53																																																																																																	
Ø Durchmesser Sprosse	mm	11,4	3,2	4,6	7,8	6,1	12,0	7,2	6,0																																																																																																	
Ø Länge Sprosse	cm	26	17	5	96	92	178	85	62																																																																																																	
Anzahl Sprosse		10	9,5	8,5	18	12	15	17,5	11																																																																																																	
Länge x Durchmesser		296	54	23	749	561	2.136	612	372																																																																																																	
Anzahl x Durchmesser		114	30	39	140	73	180	126	66																																																																																																	
L x D x A		2.964	517	196	13.478	6.734	32.040	10.710	4.092																																																																																																	
Zwischenfazit Bergwerkswald (Heißwasser): Insgesamt keine klaren Effekte erkennbar, aufgrund unterschiedlicher Bekämpfungshäufigkeiten und längerer coronabedingter Bekämpfungspause im Sommer 2021 auch schwer einzuordnen. Im ersten Behandlungsjahr 2020 war nach fünfmaliger Behandlung ein Rückgang des Bestands erkennbar. Im zweiten und dritten Jahr sehr früher erster BT ohne erkennbaren Effekt, in 2021 dann die lange Pause, was dem Knöterich die Möglichkeit zur Regeneration bot.																																																																																																										

Hessen-Forst – 2: Bergwerkswald (Heißwasser)

Fotodokumentation 2020/2021



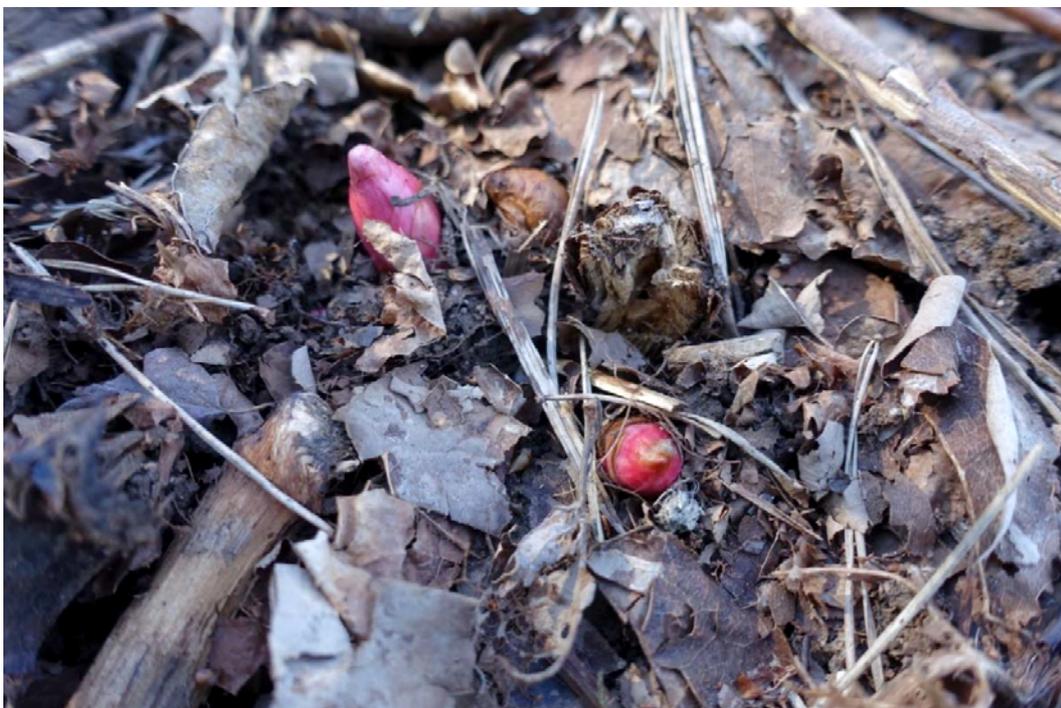
Fallopia x bohemica am Bergwerkswald vor BT 3 2020. Im vorderen Bereich wurde der rhizomhaltige Oberboden abgeschoben und auf dem im Hintergrund liegenden Erdhaufen aufgeschichtet (21.6.2020)



Aufwuchs des Knöterichs F. x bohemica nach BT 2 am 6. Juni (Foto: 19.07.2021). Bedingt durch die Corona-Pandemie entstand 2021 zwischen Juni und September eine etwa dreimonatige Bekämpfungspause.

Hessen-Forst – 2: Bergwerkswald (Heißwasser)

Fotodokumentation 2022



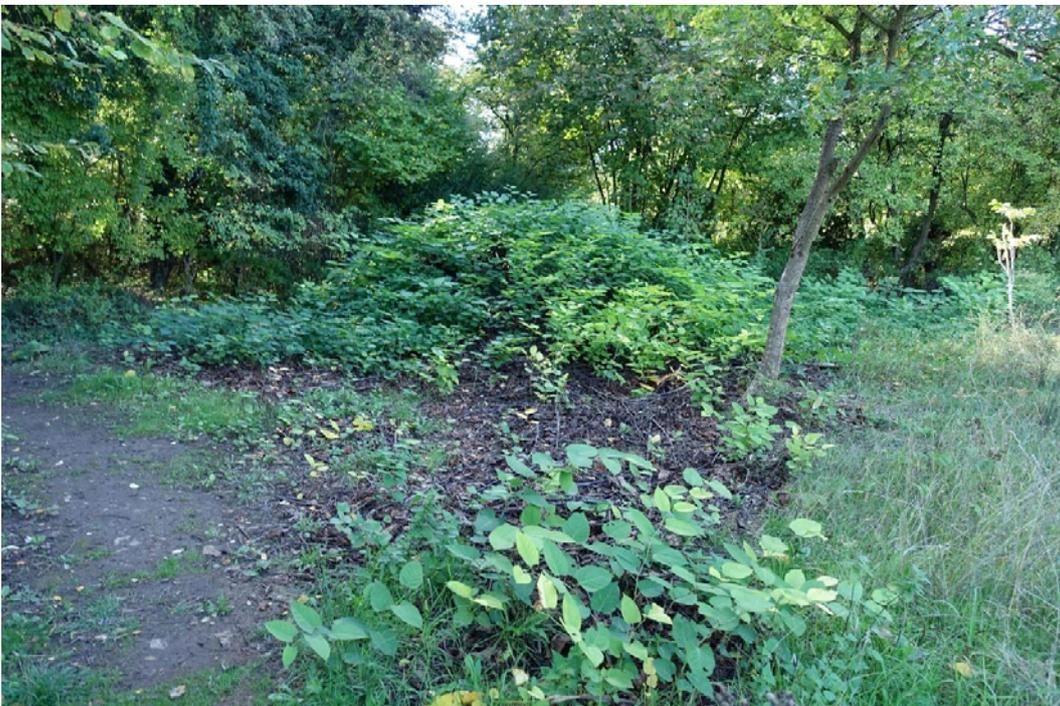
Staudenknöterichbestand am Bergwerkswald wenige Tage vor der ersten Heißwasserbekämpfung am 20.04.2022. Der Knöterich beginnt auszutreiben. Es sind erst wenige Knospen erkennbar (16.04.2022).

Hessen-Forst – 2: Bergwerkswald (Heißwasser)

Fotodokumentation 2022



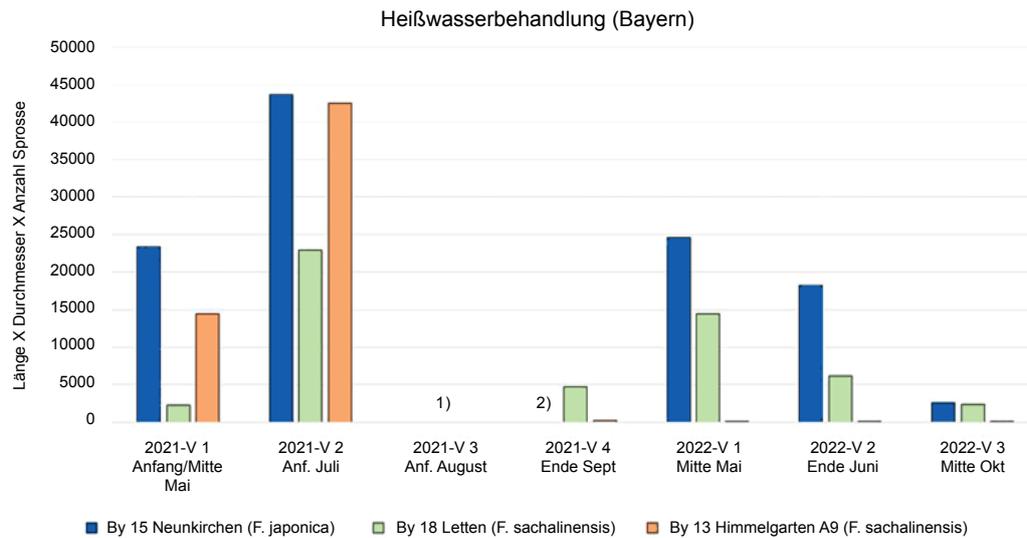
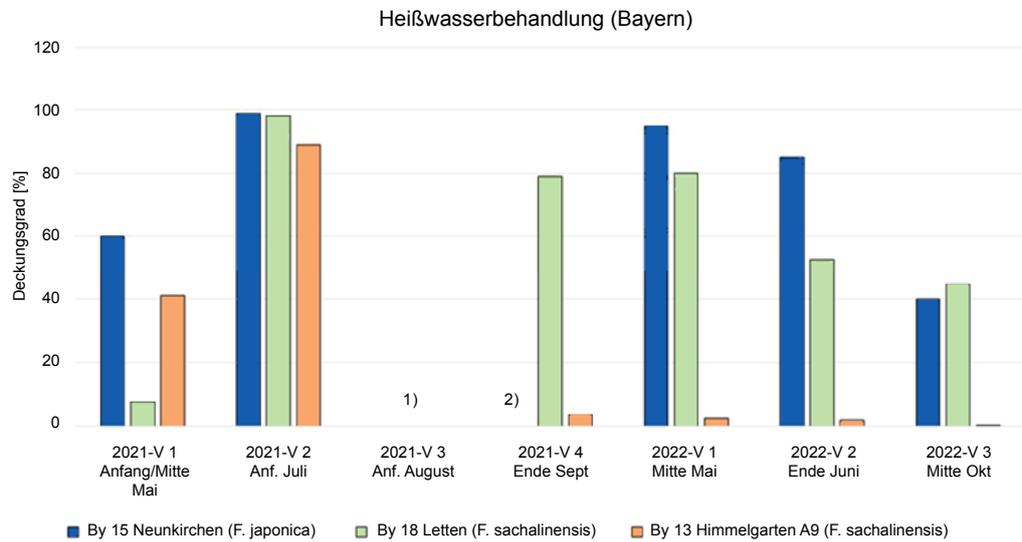
Bestand zwei Tage vor BT 2 2022. Der Knöterich ist stark ausgetrieben und hochwüchsig, vorwiegend auf der aufgeschobenen Erde. Die erste sehr frühe Heißwasser-Behandlung hat kaum sichtbaren Effekt gezeigt (06.06.2022).



Bestandssituation 2022 vor BT 4 (Foto 6.10.2022). Im dritten Bekämpfungsjahr ist nach insgesamt 11 Behandlungen mit heißem Wasser noch immer ein üppiger Staudenknöterichbestand vorhanden.

6.4.4.6 Überblick „Heißwasserbehandlung“ mit Fazit (vorläufig)

Das Bild 33 zeigt im Überblick für die Jahre 2021 und 2022 die Ergebnisse der Heißwasserbehandlungen in Staudenknöterichbeständen an den bayerischen Autobahnstandorten Himmelgarten, Neunkirchen und Letten.



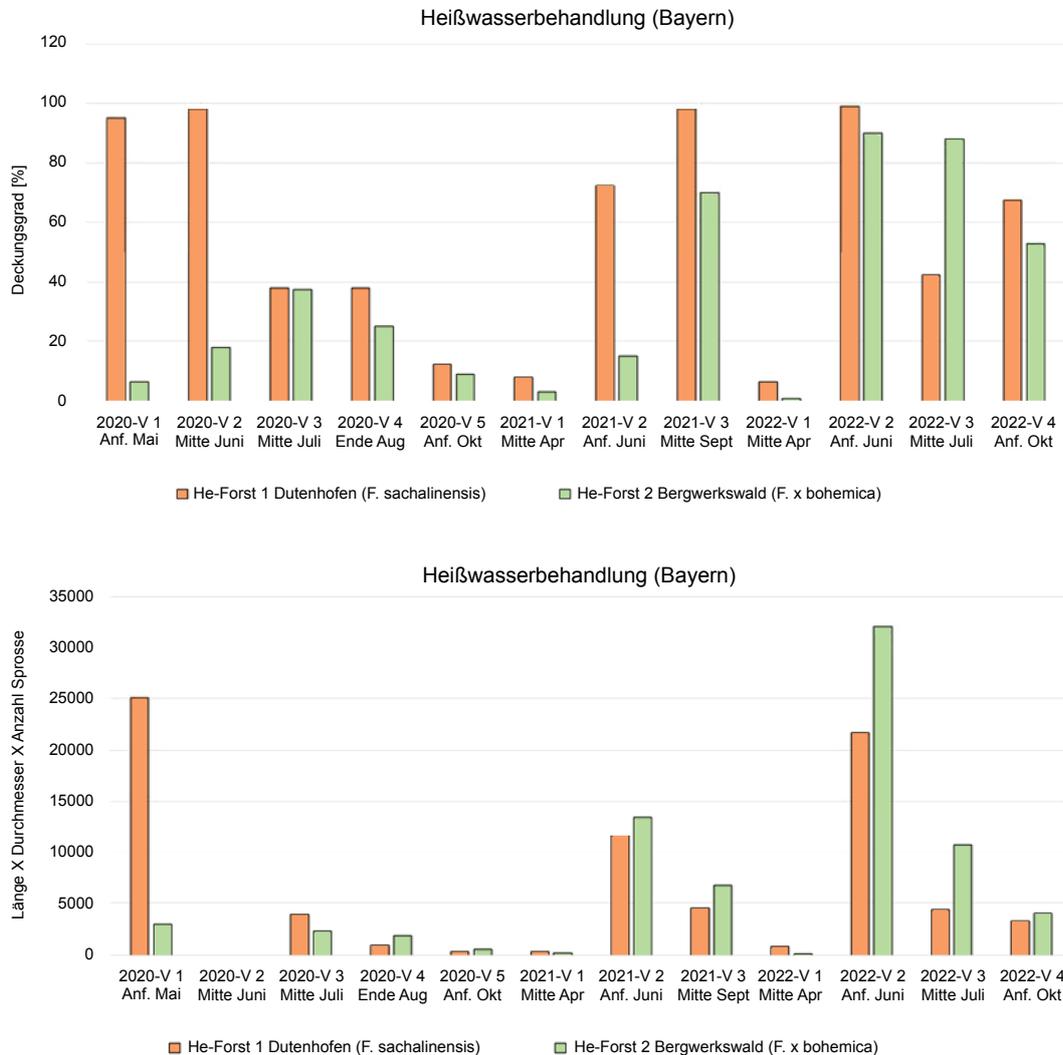
VT = Vermessungstermin kurze Zeit vor oder am Tag der Maßnahme

1): keine Datenerhebung am Behandlungstermin möglich

2): frisch gemulcht

Bild 33: Vergleich der Wirkung der Heißwasserbehandlung auf Staudenknöterichbestände der drei Untersuchungsstandorte an der A9 bei Nürnberg. Der Bestand in Letten wurde Anfang Mai 2021, die übrigen Mitte Mai vermessen. 2021 erfolgten vier, 2022 drei Behandlungen.

Das Bild 34 zeigt im Überblick für die drei Jahre 2020 bis 2022 die Ergebnisse der Heißwasserbehandlungen der Staudenknöterichbestände auf den beiden hessischen Versuchsflächen Dutenhofen und Bergwerkswald.



VT = Vermessungstermin kurze Zeit vor oder am Tag der Maßnahme
 1) = keine Angabe des Durchmessers

Bild 34: Wirkung der Heißwasserbehandlung über drei Vegetationsperioden. 2020 sind fünf, 2021 drei und 2022 vier Heißwasserbehandlungen erfolgt. In 2021 betrug die zeitliche Lücke zwischen V 2 und V 3 etwa 3 Monate.

Die oberen Grafiken zeigen jeweils den Verlauf der Deckungsgrade in den entsprechenden Dauerprobeflächen, die untere den Verlauf des Hilfswertes aus dem Produkt der gemittelten Parameterwerte für Anzahl, Durchmesser und Länge der Sprosse.

Autobahnstandorte

Die drei Knöterichbestände an der A9 bei Nürnberg wurden in den Jahren 2021 und 2022 jeweils viermal behandelt.

Im Mittelstreifen der A9 (Himmelgarten) ist der Bestand bereits im Herbst 2021 und vor allem im zweiten Bekämpfungsjahr 2022 sehr deutlich zurückgegangen. Sowohl Sprosslänge, -durchmesser und -anzahl als auch der Deckungsgrad waren deutlich verringert. Bei verschiedenen Vermessungsterminen konnte in einzelnen Dauerbeobachtungsflächen gar kein Staudenknöterich nachgewiesen werden. Jedoch gab es nach dem sehr trockenen Sommer 2022 im anschließenden Herbst nach Niederschlägen ab Ende August eine ganz leichte Erholung der Bestände.

Auf den beiden Böschungsstandorten an der A9 (Neunkirchen, Letten) waren die Rückgänge des Staudenknöterichs auch merklich, aber bei weitem nicht so deutlich wie im Mittelstreifen und auch erst ab dem zweiten Bekämpfungsjahr erkennbar. Der Knöterichbestand des Extremstandortes Autobahnmittelstreifen A9 bei Himmelgarten (schmaler Streifen zwischen Beton und Asphalt mit Schottersubstrat) hat damit deutlich stärker auf die Heißwasserbehandlung angesprochen als die Bestände der beiden Böschungsstandorte mit pflanzenfreundlicheren Bodenverhältnissen.

Aue und Waldrand

In den beiden hessischen Versuchsflächen erfolgten die Heißwasserbehandlungen des Sachalin-Staudenknöterichs und des Böhmisches Staudenknöterichs im Jahr 2020 fünfmal, im Jahr 2021 dreimal und im Jahr 2022 viermal.

Im ersten Behandlungsjahr 2020 war nach fünfmaliger Behandlung ein deutlicher Rückgang des Bestands erkennbar. Im zweiten und dritten Maßnahmenjahr war die erste Behandlung jeweils sehr früh im Jahr im April terminiert. Insbesondere der Böhmisches Staudenknöterich am Standort Bergwerkswald hatte zu dem Zeitpunkt noch keine bzw. sehr kleine Sprosse gebildet. Zwar wurde der Boden am Wuchsort mit einer Bodenlanze bearbeitet und heißes Wasser eingeleitet, doch waren im darauffolgenden Juni des jeweiligen Behandlungsjahres wieder zahlreiche hochwüchsige Sprosse an beiden Untersuchungsstellen vorhanden. Dies deutet darauf hin, dass der Einfluss des heißen Wassers auf das Wuchsverhalten des Staudenknöterichs im zeitigen Frühjahr gering war. Im Jahr 2021 entstand durch Einreisebeschränkungen während der Corona-Pandemie nach der zweiten Behandlung Anfang Juni eine Behandlungslücke von etwa dreieinhalb Monaten bis zur dritten Maßnahme Mitte Oktober. Dieser lange Zeitraum hat dem Staudenknöterich die Möglichkeit zur Regeneration geboten.

Im dritten Maßnahmenjahr (2022) erfolgten vier Heißwasserbehandlungen. Am Ende dieses Jahres war zwar ein Rückgang des Staudenknöterichs erkennbar, doch waren an beiden Versuchsstandorten noch immer dichte Knöterichvorkommen vorhanden.

Insgesamt betrachtet entsprach der Bekämpfungserfolg an den hessischen Standorten nicht den Erwartungen. Nach Angaben der ausführenden Firma sollte ein jährlicher Bestandsrückgang um etwa 30% erzielt werden (mündl. Mitteilung J. Volkmar, Forstamt Wetzlar). Das zuständige Forstamt hat für die Versuchsfläche in Dutenhofen aus dem Ergebnis die Konsequenz gezogen, andere Methoden zur Beseitigung des Sachalinknöterichs in Betracht zu ziehen. Ein Teil des Sachalinknöterichbestands wurden im Frühjahr 2022 mit Weidenspreitlagen parallel des Weges überdeckt. Ab 2023 sollen Restbestände des Sachalin-Staudenknöterichs durch Strombekämpfung behandelt werden.

Fazit (vorläufig)

Die Heißwasserbekämpfung mittels Dusche und Einstecklanze (bedeutet zwei Durchgänge pro Behandlung), ist zeitaufwendig. Sie ist daher vor allem für kleine (bis 20 m²) und mittelgroße (20 bis 200 m²) Bestände geeignet. Bei Beständen deutlich über 200 m² und in steiler Böschungslage kommt das Verfahren an seine Grenzen bzw. sollten dann mehrere Geräteführer eingesetzt werden.

Die Effekte der bisherigen Heißwasserbekämpfung im Projekt sind sehr unterschiedlich. Im Mittelstreifen der A9 bei Himmelgarten (Extremstandort) waren bereits im ersten Behandlungsjahr deutliche Bestandsrückgänge festzustellen. Auf den beiden Böschungsstandorten an der A9 mit besseren Standortbedingungen traten die Effekte erst ab dem zweiten Jahr auf und waren auch weniger deutlich ausgeprägt. Die Bekämpfungseffekte in der Lahnaue und am Waldrand zeigen nach drei Behandlungsjahren (2020 – 2022) hingegen bisher die geringsten Effekte.

Im Mittelstreifen erscheint eine vollständige Beseitigung der Knöterichbestände mittels Heißwasser bei weiterer Behandlung relativ kurzfristig möglich (wahrscheinlich aufgrund der besonderen Standortbedingungen). Auf den beiden Böschungsstandorten ist trotz der merklichen Reduktion der Bestände nach zwei Vegetationsperioden eine vollständige und nachhaltige Beseitigung der Knöterichbestände frühestens nach einigen Jahren zu erwarten.

6.4.5 Einbau Drahtgitter

6.4.5.1 A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf/Seulberg (Drahtgitter)

Ergebnis-Steckbrief																						
Knöterichsippe: F. japonica, F. x bohemica Straße: BAB A5 Lage: Böschung (Lärmschutzwall)			Bekämpfungsverfahren: Drahtgitter (3 Bestände) Größe Ausgangsbestand: m² 8 He D1/D2: 7,4 m ² (F. x bohemica) 8 He D3/D4: 19,0 m ² (F. japonica)																			
Bekämpfungsbeginn: Einbau Drahtgitter: 27.05.2021			Vermessungstermine (V) <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V1</td> <td>25.05.</td> <td>18.05.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V2</td> <td>30.08.</td> <td>22.09.</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					2021	2022	2023	V1	25.05.	18.05.		V2	30.08.	22.09.					
	2021	2022	2023																			
V1	25.05.	18.05.																				
V2	30.08.	22.09.																				
Ergebnisse Vermessung (Ø aus je 2 Dauerprobeflächen)																						
Parameter D1 + D2	Einh.	2021		2022		2023																
		25.05. ¹⁾	30.08.	18.05.	22.09.																	
Deckungsgrad <i>F. x boh.</i>	%	97	92,5	80	40																	
Ø Durchmesser Sprosse	mm	10,8	5,4	12,5	9,2																	
Ø Länge Sprosse	cm	110	72,5	140,5	132																	
Anzahl Sprosse		29	26	16	19																	
Länge x Durchmesser		1.188	392	1.756	1.214																	
Anzahl x Durchmesser		307	140	200	170																	
L x D x A		33.858	10.179	28.100	22.466																	
Parameter D3 + D4	Einh.	2021		2022		2023																
		25.05. ¹⁾	30.08.	18.05.	22.09.																	
Deckungsgrad <i>F. jap.</i>	%	67,5	30	50	30																	
Ø Durchmesser Sprosse	mm	12,7	4,9	14,5	10,8																	
Ø Länge Sprosse	cm	128	61	138	132																	
Anzahl Sprosse		19	13	13	9																	
Länge x Durchmesser		1.627	297	1.932	1.426																	
Anzahl x Durchmesser		235	64	175	97																	
L x D x A		30.074	3.854	25.013	12.830																	
¹⁾ Vor Auslegen des Drahtgitters																						
Zwischenfazit Friedrichsdorf (Drahtgitter):																						
Einzelne Sprosse wurden abgeschnürt, insgesamt undeutliche Effekte durch das Abschnüren bis Ende 2022. Die Sommertrockenheit wirkte zudem schwächend.																						

A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf/Seulberg (Drahtgitter)

Fotodokumentation 2022



D2: Einige Sprosse sind horizontal unter dem Gitter gewachsen. Die Gelbfärbung weist auf Lichtmangel hin (Foto 19.05.2022)



D2: Einige unter dem Gitter wachsende Sprosse sind abgestorben (13.07.2022)

A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf/Seulberg (Drahtgitter)

Fotodokumentation 2022



D2: Einzelne Sprosse sind durch Schädigungen am Drahtgitter abgestorben (Foto 16.07.2022). Der Knöterich leidet zudem unter der massiven Sommertrockenheit.



D1: Blätter und junge Sprosse sind durch die langanhaltende Trockenheit abgestorben (Foto 22.09.2022)

A5 Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf/Seulberg (Drahtgitter)

Fotodokumentation 2021/2022



D2: Vergleich des Bestands D2 am 30.9.2021 und 22.9.2022. Der Staudenknöterich (*F. x bohemica*) ist sowohl durch das Abknicken einzelner Sprosse als auch durch die massive Sommertrockenheit im Jahr 2022 beeinträchtigt.

6.4.5.2 A9 Böschung südlich Letten, nördliches Vorkommen (Drahtgitter)

Ergebnis-Steckbrief																							
Knöterichsippe: F. sachalinensis Straße: BAB A9 Lage: Böschung				Bekämpfungsverfahren: Drahtgitter (1 Bestand) Größe Ausgangsbestand: 89 m ²																			
Bekämpfungsbeginn: Auslegen Drahtgitter: 02.06.2021				Vermessungstermine (V) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>2023</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V1</td> <td>06.07.</td> <td>17.05.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V2</td> <td>09.08.</td> <td>29.06.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V3</td> <td>23.09.</td> <td>12.10.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					2021	2022	2023	V1	06.07.	17.05.		V2	09.08.	29.06.		V3	23.09.	12.10.	
	2021	2022	2023																				
V1	06.07.	17.05.																					
V2	09.08.	29.06.																					
V3	23.09.	12.10.																					
Ergebnisse Vermessung (Kurzaufnahme) (∅ aus 2 Dauerprobeflächen)																							
Parameter	Einh.	2021		2022			2023...																
		09.08.	23.09.	17.05.	29.06.	12.10.																	
Deckungsgrad <i>Fallopia</i>	%	95	90	100	100	100																	
Durchmesser dickste Sprosse oben*	mm	< 13	14	13,3	14,1	17,2																	
Längste Sprossen oben*	cm	145	151	122	214	218																	
Durchmesser dickste Sprosse unten*	mm	< 13	15	16,9	18,3	19,8																	
Längste Sprossen unten*	cm	160	175	143	248	254																	
* ab 09.08.2021 keine flächige, vollständige Parametererfassung in den Dauerquadraten, sondern Kurzaufnahmen mit Ausmessen weniger ausgesuchter Sprosse oben und unten (um den Bestand nicht zu sehr zu schädigen), ab 23.09.2021 jeweils Mittelwerte aus den jeweils drei stärksten Sprossen oben und unten.																							
Zwischenfazit Letten (Drahtgitter):																							
Drahtgitterbekämpfung auf Böschung einer Bundesautobahn mit ersten Einschnürungen an den stärksten Sprossen im ersten Jahr, deutlicher Ausbildung von Sollbruchstellen an den stärksten Sprossen ca. ein Jahr nach Auslegen, aber bis Ende Juni 2022 noch kein eigenständiges Umknicken. Den Bestand insgesamt schwächende Effekte sind bis Ende 2022 nicht erkennbar.																							

A9 Böschung südlich Letten, nördliches Vorkommen (Drahtgitter)

Fotodokumentation 2021



Knöterichaufwuchs an der Böschung der A9 bei Letten ca. 9 Wochen nach Einbau des Drahtgitters (Foto: 09.08.2021)



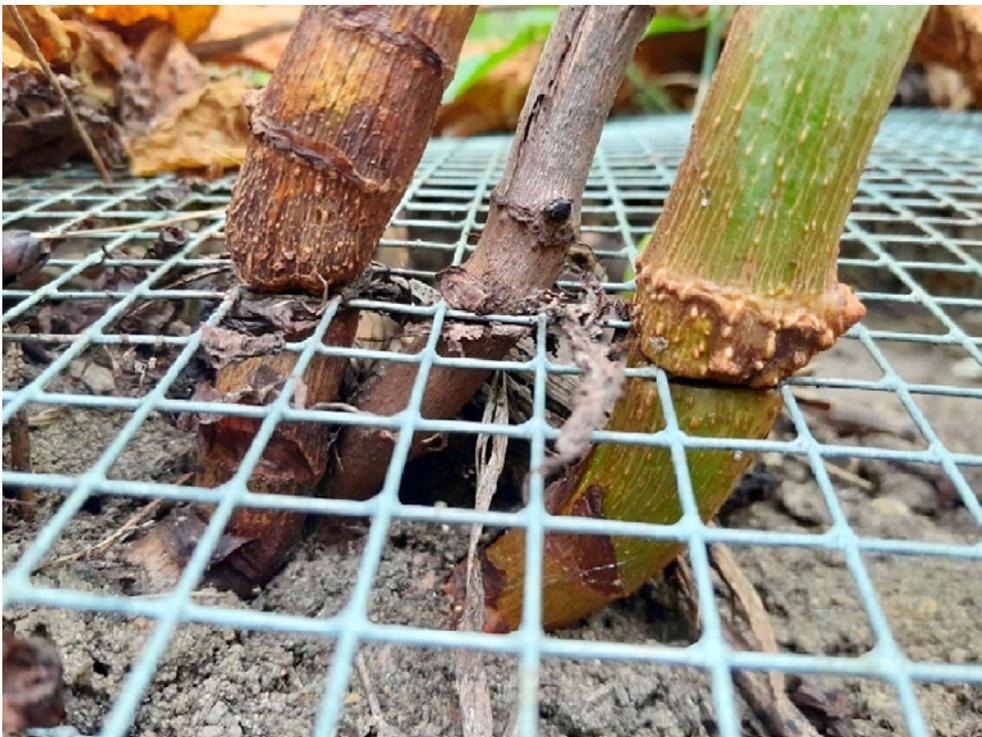
Erste Einschnürungen an stärkeren Sprossen des Staudenknöterichs an der A9 bei Letten ca. 9 Wochen nach Einbau des Drahtgitters (Foto: 09.08.2021)

A9 Böschung südlich Letten, nördliches Vorkommen (Drahtgitter)

Fotodokumentation 2022



Knöterichaufwuchs Knöterichaufwuchs an der Böschung der A9 bei Letten ca. 13 Monate nach Einbau des Drahtgitters (29.06.2022)



Deutliche Einschnürungen an stärkeren Sprossen des Staudenknöterichs an der A9 bei Letten ca. 13 Monate nach Einbau des Drahtgitters (Foto: 29.06.2022)

A9 Böschung südlich Letten, nördliches Vorkommen (Drahtgitter)

Fotodokumentation 2022



Knöterichaufwuchs mit letztjährigen braunen Trieben (nach Mulchen Ende Mai 2021 (vor Drahtgittereinbau) und dickeren diesjährigen Trieben aus 2022 (29.06.2022)



Mit leichtem Druck abgebrochene Knöterichtriebe mit deutlichen, durch das Drahtgitter verursachten Sollbruchstellen (Foto 29.06.2022)

6.4.5.3 Überblick „Drahtgitter“ mit Fazit (vorläufig)

Das Bild 35 zeigt im Überblick für die Jahre 2021 und 2022 die Entwicklung der Staudenknöterichbestände auf dem Lärmschutzwall an der A5 bei Friedrichsdorf, welche am 27. Mai 2021 mit Drahtgitter abgedeckt wurden. Der oberen Grafik sind die Deckungsgrade in den entsprechenden Dauerbeobachtungsflächen zu entnehmen, der unteren sind die Hilfwerte aus dem Produkt der gemittelten Parameterwerte für Anzahl, Durchmesser und Länge der Sprosse zu entnehmen.

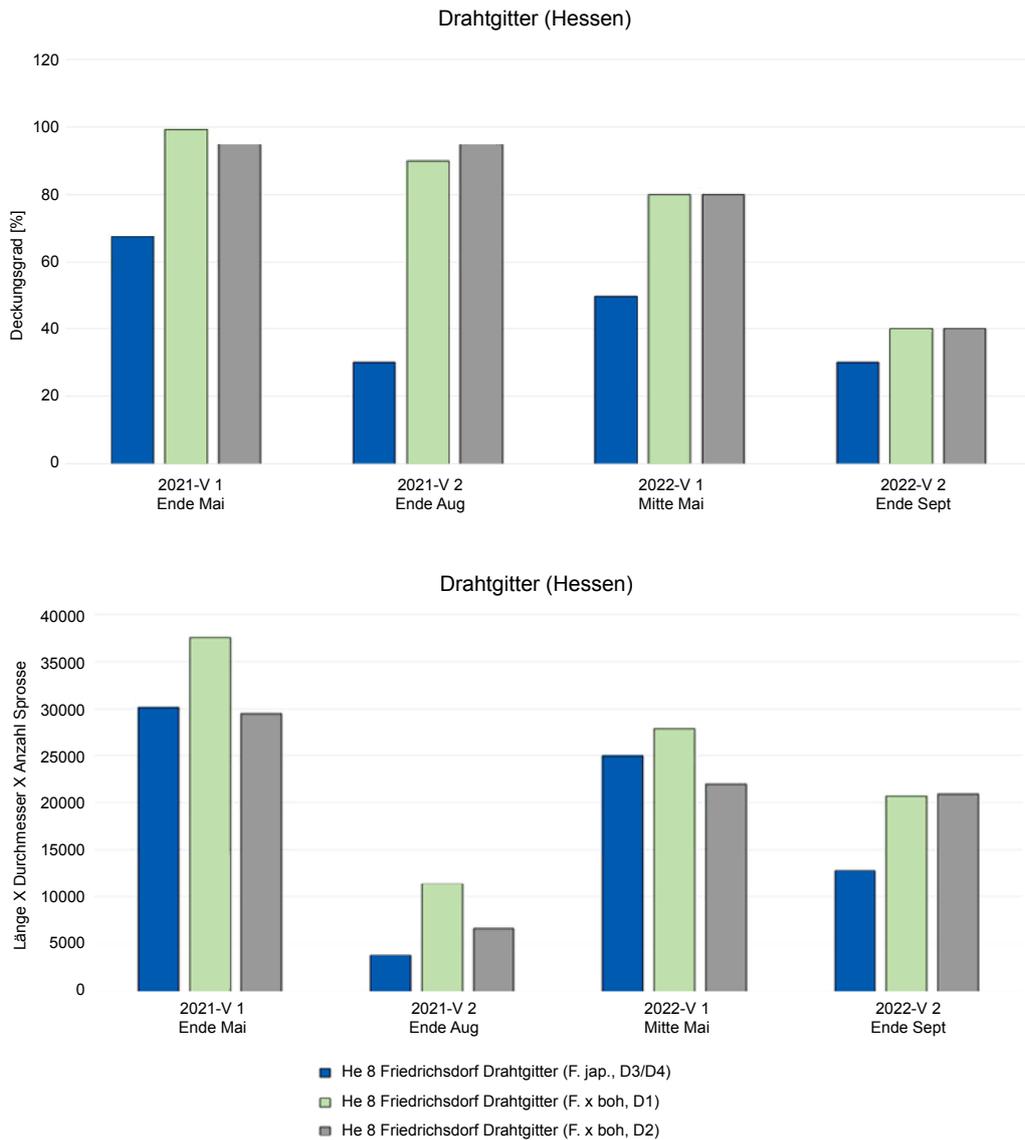


Bild 35: Entwicklung des Staudenknöterichaufwuchses unter dem Drahtgitter am Lärmschutzwall Friedrichsdorf A5, Hessen (Einbau am 27.05.2021 nach Abmähen des Erstaufwuchses). Die Sommertrockenheit 2022 hat den Staudenknöterich stark im Wachstum beeinträchtigt.

Im Frühjahr 2022 wuchs der Staudenknöterich am Versuchsstandort Friedrichsdorf kräftig auf. Bis Mitte Juli 2022 war bei den beiden kleinen Staudenknöterichvorkommen (*F. x bohemica*) im Mittel etwa ein Drittel aller in den beiden Beständen aufgewachsenen Sprosse ($n=142$) abgeschnürt worden und teilweise abgestorben. Im mittelgroßen Bestand (*F. japonica*) waren knapp 17% ($n=24$) aller aufgewachsenen Sprosse des Bestands ($n=145$) abgestorben. Die toten Sprosse wurden von den Flächen abgeräumt.

Über den Sommer wuchsen einige Triebe nach, von denen aber zahlreiche vertrockneten. Bis Ende September waren weitere Sprosse abgestorben: knapp sieben Prozent der in beiden kleinen Beständen zu dem Zeitpunkt vorhandenen Sprosse waren abgeschnürt und abgestorben, im mittelgroßen Bestand waren hingegen nur knapp 5 % der verbleibenden Sprosse abgeschnürt worden und abgestorben.

Das Bild 36 visualisiert im Überblick für die Jahre 2021 und 2022 die Entwicklung des Staudenknöterichbestandes auf der Autobahnböschung an der A9 bei Letten, welcher am 2. Juni 2021 mit Drahtgitter abgedeckt worden war. Es werden nur die Deckungsgrade dargestellt, da wegen der fehlenden Zugänglichkeit eine vollständige Auszählung und Vermessung von Sprossen in den eingerichteten Dauerbeobachtungsflächen nicht möglich war. In der Steckbrief-Tabelle sind jedoch exemplarisch für die jeweils drei stärksten Sprosse im oberen und im unteren Teil des Knöterichbestandes Längen und Durchmesser angegeben.

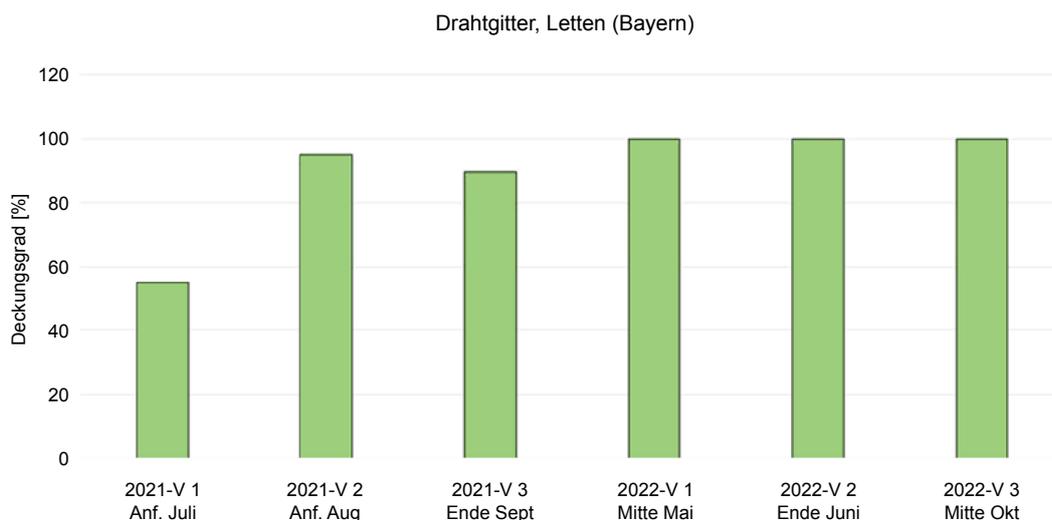


Bild 36: Wirkung des Drahtgitters auf die Entwicklung der Deckungsgrade des Staudenknöterichs bei Letten (By) (Einbau am 02.06.2021 nach Abmähen des Erstaufwuchses)

Fazit (vorläufig)

Durch die im Frühjahr 2021 eingebauten Drahtgitter mit einer Maschenweite von 13 mm sollen die durchgewachsenen Staudenknöterichsprosse abgeschnürt werden und abbrechen sowie dünnere Triebe am Drahtgitter durch Windbewegungen geschädigt werden. Der Einbau der Drahtgitter fand am hessischen Versuchsstandort Friedrichsdorf auf drei Vorkommen statt (zwei kleine Vorkommen mit *Fallopia x bohemica* und den Dauerprobe- flächen D1 und D2, ein mittelgroßes Vorkommen mit *F. japonica* und den Dauerprobe- flächen D3 + D4). Am bayerischen Standort Letten erfolgte der Einbau auf einem mittel- großen Vorkommen mit *F. sachalinensis*, hier erfolgt die Vermessung anhand von zwei Stichproben.

Am Versuchsstandort in Friedrichsdorf fanden folgende Entwicklungen statt:

- Der Staudenknöterich erreichte im Jahr 2021 nach der Mahd und dem Auflegen des Drahtgitters seine Sprosslängen/-durchmesser wie vor der Maßnahme nicht mehr und hatte auch einen geringeren Deckungsgrad. Wenige Sprosse waren am Ende des Sommers 2021 abgeschnürt und einzelne auch schon abgebrochen.
- Im Frühjahr 2022 wuchs der Staudenknöterich kräftig auf. Bis Mitte Juli 2022 war bei den beiden kleinen Staudenknöterichvorkommen (*F. x bohemica*) im Mittel etwa ein Drittel der Sprosse abgeschnürt worden und teilweise abgestorben, im mittelgroßen Bestand (*F. japonica*) knapp 17% der Sprosse. Über den Sommer wuchsen einige Triebe nach, von denen zahlreiche durch die ausgeprägte Sommertrockenheit abstarben. Bis September wurden nur wenige weitere Sprosse durch das Drahtgitter abgeschnürt.
- Insgesamt kam es am Versuchsstandort Friedrichsdorf sowohl bei den beiden kleineren Knöterichbeständen als auch beim größeren *F. japonica*-Bestand durch die Kombination von abgeschnürten/abgebrochenen Sprossen und Trockenstress zu einem Rückgang der Sprossanzahl. Niederschläge im Herbst führten nach der langen Sommertrockenheit zu einem gewissen Erholungseffekt.

Am Versuchsstandort Letten wurden folgende Beobachtungen gemacht:

- Im Spätsommer des ersten Jahr 2021 waren erste Einschnürungen an den stärksten Sprossen erkennbar.
- Im Sommer 2022 wuchsen die Sprosse relativ stark auf und bis Juli war eine Zunahme der Wuchshöhe und Sprossdicke feststellbar. Im Spätsommer trat vorwiegend nur noch Dickenwachstum auf. An den dickeren Sprossen kam es zu teils starken Einschnürungen mit Ausbildung von Sollbruchstellen (betroffene Sprosse ließen sich leicht abknicken). Trotz mehrerer Sprosse mit Durchmessern deutlich über 13 mm und entsprechend markanten Einschnürungen bis Ende 2022 war aber kein eigenständiges Umknicken von Sprossen zu verzeichnen.
- Bis Jahresende 2022 hat sich der Deckungsgrad des Staudenknöterichs nicht verringert und lag in der Vegetationszeit 2022 durchgängig bei 100 %, es konnte keine Bestandsverringerung des Staudenknöterichs durch das Drahtgitter festgestellt werden.

Der Einbau von Drahtgitter im Verkehrsbegleitgrün hat den Vorteil gegenüber den anderen Bekämpfungsverfahren, dass keine mehrjährigen und häufigen Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen, häufig mit weiterem Aufwand für die Verkehrssicherung. Dafür ist der Einbau vor allem auf steilen Böschungslagen aufwendig und in Bereichen, welche regelmäßig mit üblichen Geräten gemäht oder geschlegelt werden, in der Regel zu gefährlich. Eine Mahd der Vegetation über dem Drahtgitter ist gegebenenfalls mit zusätzlichem Aufwand verbunden, da durch die Mahd weder das Drahtgitter noch das Mähgerät beschädigt werden sollten (z. B. händische Mahd mit Freischneider mit Abstand zum Drahtgitter ist möglich).

Der Drahtgittereinbau auf dem Lärmschutzwall bei Friedrichsdorf (3 Vorkommen) hat nach zwei Vegetationsperioden zu leichten Effekten geführt (Abknicken/Absterben einzelner Sprosse), für den Einbau bei Letten (1 Vorkommen) konnten bisher keine Effekte nachgewiesen werden. Inwieweit hier der sehr trockene Sommer 2022 verantwortlich ist (alternativer Grund für Vertrocknungserscheinungen und eingeschränktes Dickenwachstum), kann eventuell in den nächsten Jahren geklärt werden.

Der Drahtgittereinbau ist weniger für kleine oder längliche oder aufgelockerte Knöterichbestände geeignet, da wegen der erforderlichen Sicherheitszuschläge bei der Abmessung der Drahtgitter die einzurichtenden Pufferstreifen unverhältnismäßig hohe Anteile erreichen.

6.5 Methodenvergleich

6.5.1 Vergleich der Verfahren

Im Rahmen des Projektes wurden in den Jahren 2021 und 2022 vier verschiedene Bekämpfungsmethoden (händisches Ausreißen/Ausgraben, Heißwasser, Strom, Drahtgittereinbau) gegen ostasiatische Staudenknöterichsippen an insgesamt zehn Standorten und auf 20 Einzelflächen erprobt. Die Versuchsflächen befinden sich überwiegend im Verkehrsbegleitgrün von Bundesfernstraßen. An den beiden durch Hessen Forst betreuten Standorten haben die Bekämpfungsmaßnahmen bereits im Jahr 2020 begonnen.

Die über zwei (drei) Vegetationsperioden erprobten Maßnahmen haben bisher noch an keinem der Versuchsstandorte nachweislich zu einer vollständigen Beseitigung des Staudenknöterichs geführt. Ob an den kleinen Beständen bei Friedrichsdorf und Aufkirchen, wo nach Ausgraben im Herbst 2022 keine Sprosse mehr nachgewiesen wurden, noch Nachtriebe aus im Boden verbliebenen Rhizomen aufwachsen, werden die folgenden Untersuchungen im Frühjahr 2023 zeigen.

Die Ergebnisse stellen ein Zwischenresultat dar, da nach zwei (drei) Behandlungsjahren bei den insgesamt schwer zu beseitigenden Staudenknöterichen bisher nur Reduzierungswirkungen nachgewiesen werden konnten und die Bekämpfungen noch weiterlaufen werden.

Die verschiedenen bestandsregulierenden Maßnahmen haben die Entwicklung und das Wachstum der Knöterichbestände an den Versuchsorten in unterschiedlichem Maß beeinflusst. Für einen ersten Effizienzvergleich der verschiedenen Bekämpfungsmethoden wurden die Ergebnisse der Deckungsgradschätzungen sowie der Knöterichvermessungen jeweils vor der letzten Bekämpfungsmaßnahme am Ende der Vegetationszeit 2021 und 2022 in zwei Grafiken zusammengefasst (Bild 37 und Bild 38). Das Bild 37 zeigt zu allen Bekämpfungsverfahren und Standorten nebeneinander die Deckungsgrade der Staudenknöteriche, welche jeweils in den Dauerprobestflächen ermittelt wurden (bei größeren Beständen oder mehreren kleinen Beständen als Durchschnittswerte mehrerer Dauerprobestflächen). Das Bild 38 zeigt als entsprechende Vergleichswerte jeweils das Produkt der Durchschnittswerte aus Länge x Durchmesser x Anzahl der Sprosse.

Bei einer vergleichenden Bewertung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die verschiedenen Bekämpfungsmethoden unter praxisnahen Verhältnissen auf verschiedenen Standorten, mit verschiedenen Sippen der Gattung Fallopia, zu verschiedenen (phänologischen) Zeitpunkten und nicht zuletzt mit verschiedenen großen/alten Beständen stattgefunden haben. Bis Ende 2022 war bei den meisten Beständen eine Schwächung zu registrieren. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die sehr trockene und warme Sommerwitterung im Jahr 2022 auch für einen Teil der beobachteten Wuchsdepressionen verantwortlich ist.

Als vorläufiges zusammenfassendes Fazit lässt sich im Methodenvergleich Folgendes feststellen:

- Die stärksten Effekte zeigen sich bislang bei der Heißwasserbekämpfung der mittelgroßen Bestände des Sachalin-Staudenknöterichs im Mittelstreifen der BAB A9 bei Nürnberg, bei der Elektrobekämpfung des mittelgroßen Bestandes des Sachalin-Staudenknö-

terichts an der Böschung der A45 bei Münchholzhausen sowie bei den Ausgrabungen/Ausreißen sehr kleiner Initialbestände ($< 1 \text{ m}^2$) in Hessen und Bayern.

- Bei den Ausgrabungen der Kleinbestände konnte schon im ersten Bekämpfungsjahr eine deutliche Reduktion beim Nachwachsen des Knöterichs beobachtet werden. Für sehr kleine Bestände (Initial- oder Kleinstbestände) genügt somit die Methode „Ausgraben/Ausziehen – händisch“, um deutliche Reduzierungen zu erreichen. Eine vollständige Beseitigung der Bestände ist hier in absehbarer Zeit zu erwarten. Die Methode scheint dagegen für mittelgroße Bestände ($> 20 \text{ m}^2$) schon nicht mehr geeignet zu sein.
- Für die bei mittelgroßen Beständen angewandten Methoden der Strom- und Heißwasserbekämpfung sind im zweiten Jahr zum Teil merkliche Effekte nachweisbar. Die Heißwasserbekämpfung auf dem Mittelstreifen der A9 bei Himmelgarten zeigte sogar schon ab dem ersten Bekämpfungsjahr deutliche Reduzierungen und schneidet hier im direkten Standortvergleich gegenüber der Strombekämpfung besser ab. Dieses Vergleichsergebnis ist aber wegen der unterschiedlichen Bekämpfungsintervalle und -häufigkeiten vor allem im ersten Bekämpfungsjahr nur als vorläufig einzustufen.
- Während die Heißwasserbehandlung im Mittelstreifen der A9 zu einer deutlichen Reduktion des Staudenknöterichs führte, sind die Effekte auf zwei Böschungsstandorten in diesem Bereich mit besseren Bodenbedingungen schwächer ausgebildet.
- Auch die über drei Vegetationsperioden (2020 – 2022) von Hessen-Forst beauftragten Heißwasserbehandlungen im Uferbereich der Lahn und am Waldrand bei Gießen haben zu einem vergleichsweise geringen Rückgang des Staudenknöterichs geführt. Auch hier kann als Ursache die Standortsituation mit der guten Verfügbarkeit von Nährstoffen und Wasser angenommen werden. Sicherlich ist der Wurzelraum und die Wasserverfügbarkeit im Mittelstreifen der Autobahn A9 bei Himmelgarten deutlich beschränkter als in der Lahn-Aue, wo der Staudenknöterich auf einem gut nährstoffversorgten Standort wächst und wahrscheinlich Anschluss an das Grundwasser hat. Sowohl in der Lahnaue als auch am Bergwerkswald wurden im Sommer 2022 keine Trockenstresssymptome an den Knöterichblättern beobachtet.

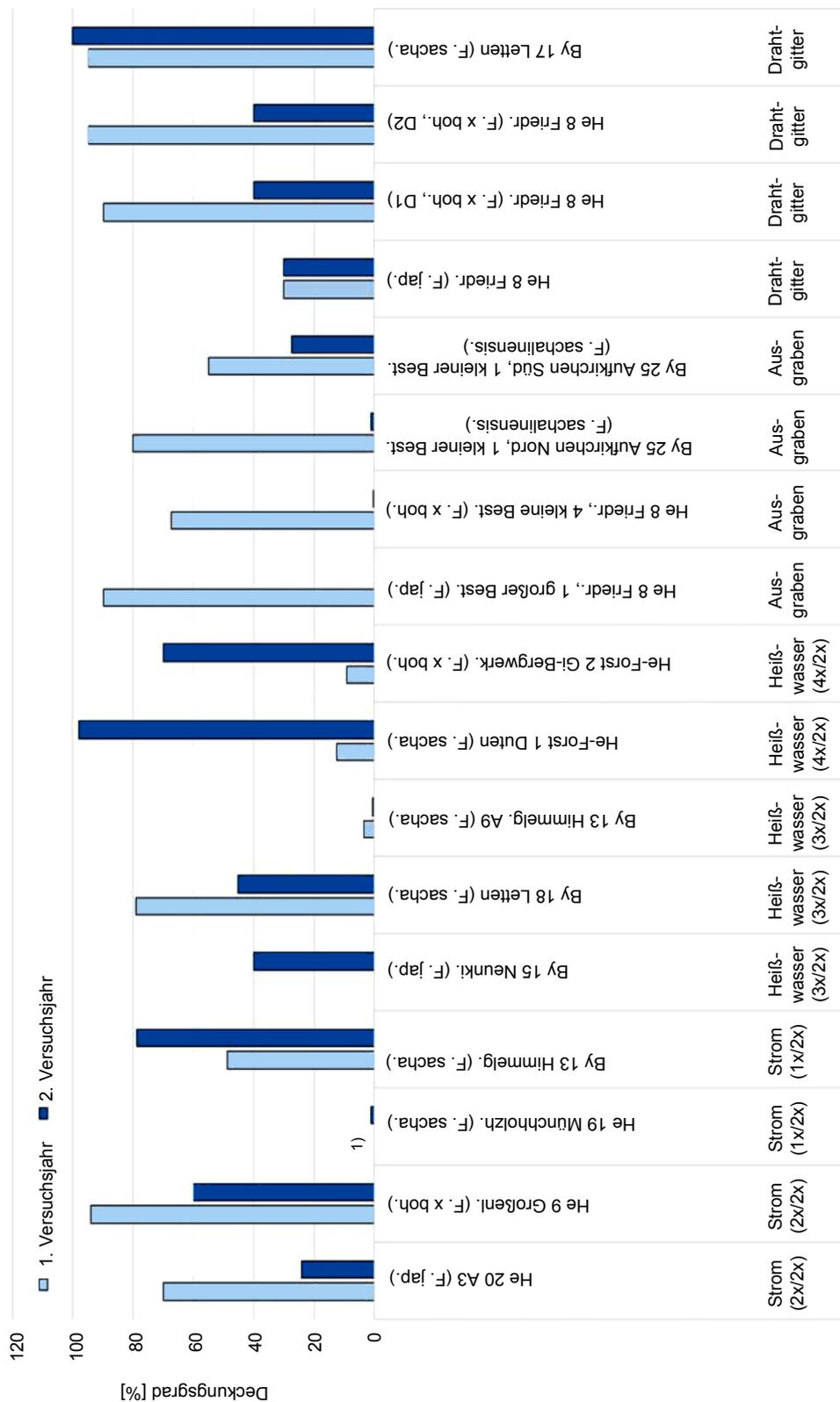
Der Einbau von Drahtgitter in vier Knöterichbestände auf Autobahnböschungen zeigt bisher nur geringe bis keine Effekte auf die Vitalität der Staudenknöteriche. Hier ist die Entwicklung abzuwarten.

Eine Weiterführung der Bekämpfungen und gegebenenfalls eine anschließende Nachsorge wird für die nächsten Jahre bei allen Bekämpfungsverfahren erforderlich sein.

6.5.2 Bekämpfungstermine

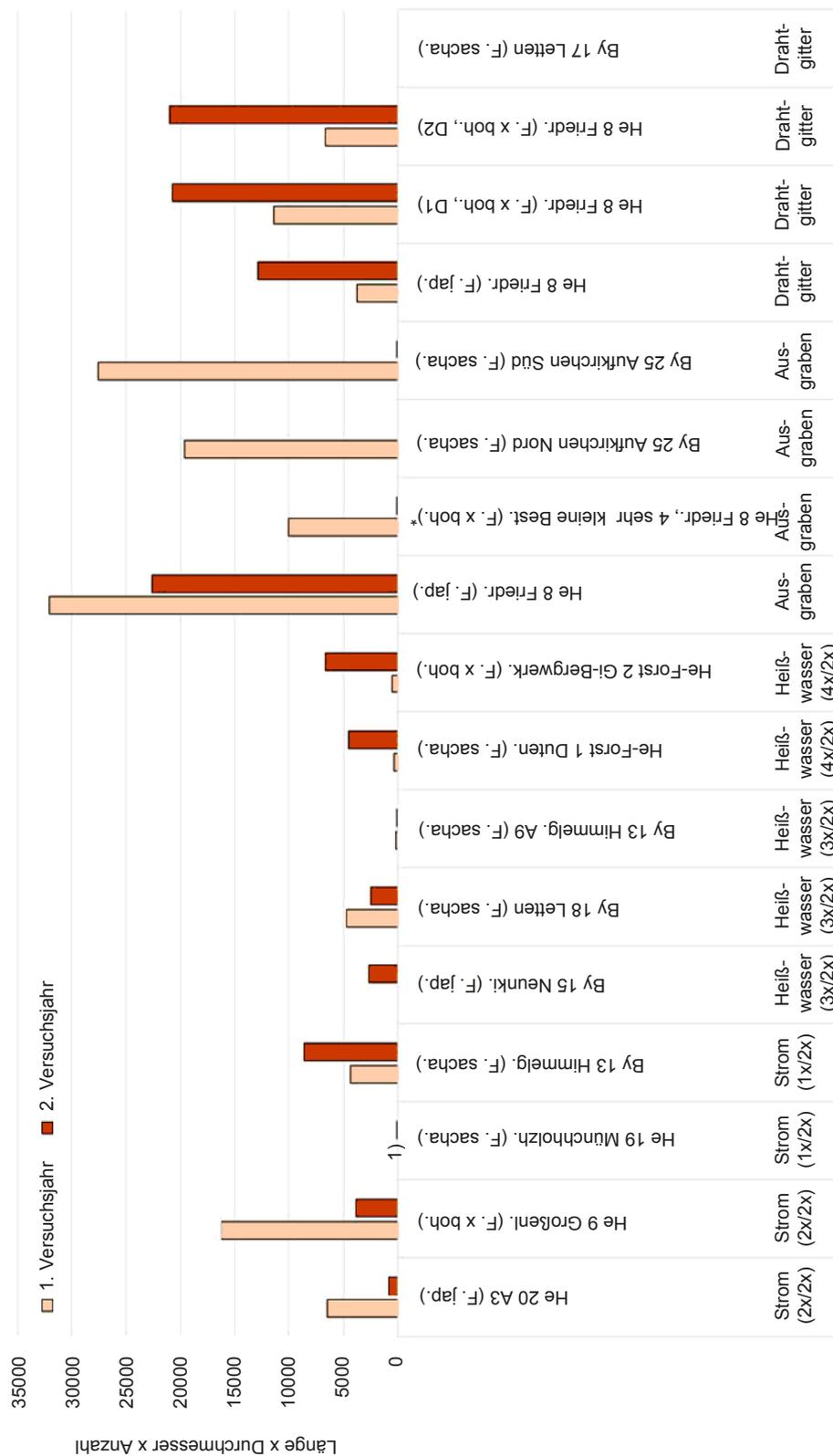
Die Bekämpfungstermine und -intervalle müssen sich an der Entwicklung der Knöterichbestände orientieren.

So sollte der erste Bekämpfungstermin nicht zu früh und bei ausreichend großem Austrieb stattfinden, um eine effektive Schädigung zu erreichen (meist ca. Mitte Mai). Der zweite Aufwuchs sollte dann zumindest in den ersten Bekämpfungsjahren nach ca. 5 bis 6 Wochen behandelt werden, um beim Zweitaufwuchs ein zu starkes Höhenwachstum und eine Reservestoffeinlagerung in das Rhizomsystem zu verhindern.



1) = Datenlücken (keine Erhebung, z. B. wegen Mulchen kurz zuvor)

Bild 37: Deckungsgrad des Staudenknoterichs der verschiedenen Versuchsvarianten vor der letzten Maßnahme in 2021 und 2022. Bei der Variante Ausgraben wurden als Vergleich die Werte vor der Maßnahmenumsetzung verwendet. Bei der Variante Drahtgitter wurde als Ausgangswert der Sprossaufwuchs im August nach dem Auflegen des Drahtgitters zugrunde gelegt. Die Werte unter den genannten Methoden geben die Anzahl der Maßnahmenhäufigkeit vor der Vermessung an.



1) = Datenlücken (keine Erhebung, z. B. wegen Mulchen kurz zuvor)

Bild 38: Vermessungsergebnisse (Länge x Durchmesser x Anzahl) des Staudenknöterichs der verschiedenen Versuchsvarianten vor der letzten Maßnahme in 2021 und 2022. Bei der Variante Ausgraben wurden als Vergleich die Werte vor der Maßnahme verwendet.

6.5.3 Unterschiede zwischen den Fallopia-Sippen

Bei einer vergleichenden Bewertung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die verschiedenen Bekämpfungen mit den drei Sippen der Gattung Fallopia unter praxisnahen Verhältnissen auf verschiedenen Standorten, zu unterschiedlichen (phänologischen) Zeitpunkten und nicht zuletzt mit verschiedenen großen/alten Beständen stattgefunden haben. Es ist davon auszugehen, dass Staudenknöterich auf für die Art optimal wasser-, licht- und nährstoffversorgten Standorten besser wächst bzw. sich besser nach bestandsregulierenden Maßnahmen regenerieren kann als an Wuchsorten, an denen die Pflanzen unter Wasserstress geraten, schlecht nährstoffversorgt sind oder stark beschattet werden. So wurde zum Beispiel bei Geländeerhebungen beobachtet, dass Sprosse einiger Staudenknöterichbestände in den trocken-heißen Sommern der letzten Jahre aufgrund von Wassermangel abgestorben waren, während andere Bestände keine oder allenfalls geringe Wasserstresssymptome erkennen ließen (vgl. Bild 39 und Bild 40). Dies betraf alle drei Staudenknöterichsippen.



Bild 39: Sehr ausgedehnter, daher vermutlich lange Zeit etablierter Sachalin-Staudenknöterich bei Rain auf ebener Fläche mit relativ geringen Trockenstress-Symptomen (Foto: B. Alberternst, 1.8.2022)



Bild 40: Relativ kleiner Sachalin-Staudenknöterich wenige Meter entfernt vom oben genannten auf der Kuppe einer Wegböschung mit sehr starken Trockenstresssymptomen, ein Großteil der Blätter (rechts im Bild) ist vertrocknet (Foto: B. Alberternst, 1.8.2022).

In einer breit angelegten Studie zu Bekämpfungsmaßnahmen gegen Staudenknöterich in den Niederlanden (OLDENBURGER et al. 2017) fanden die Autoren bei einem Mahdversuch keine Unterschiede in der Reaktion der drei Sippen *F. japonica*, *F. sachalinensis* und *F. x bohemica* auf die Maßnahmen. Sowohl bei der dort getesteten monatlichen Mahd als auch bei zweiwöchentlicher Mahd wurden keine Unterschiede zwischen den drei Staudenknöterich-Arten beobachtet. In der niederländischen Studie wurde daher die Wirkung der Bekämpfungsmethoden nicht weiter getrennt für die Staudenknötericharten betrachtet (OLDENBURGER et al. 2017).

Die bisherigen Ergebnisse im vorliegenden Projekt zeigen, dass die unterschiedlichen Ausgangs- bzw. Standortparameter das Untersuchungsergebnis beeinflussen und so mögliche Sippenunterschiede überdecken können. Bei den im Rahmen dieses Projekts durchgeführten Praxistests wurden alle drei Staudenknöterichsippen bei den unterschiedlichen Testverfahren zur Bestandsreduktion berücksichtigt. In welchem Umfang die Knöterichsippe das Untersuchungsergebnis beeinflusst, lässt sich aufgrund der Überlagerung unterschiedlicher Einflussparameter nicht abgrenzen. So zeigte sich, dass innerhalb einer Staudenknöterichsippe und bei Anwendung desselben Verfahrens deutlich Unterschiede in der Bestandsentwicklung zu beobachten waren. Beispielsweise ging der Sachalinknöterichbestand im Mittelstreifen der A9 durch die Heißwasserbehandlung deutlich zurück, während die Methode einen vergleichsweise geringen Einfluss auf dieselbe Art auf den Sachalinknöterichbestand am Lahnufer, einem gut nährstoff- und wasserversorgten Standort, hatte. Umgekehrt führte die Strombehandlung im Mittelstreifen der A9 beim Sachalin-Staudenknöterich zu einem schlechteren Ergebnis als am Lärmschutzwall mit relativ wüchsigem Boden in Müncholzhausen. Wahrscheinlich haben nicht nur der Standort, sondern auch weitere Parameter wie das Alter des Bestands, der Nährstoffvorrat in den Rhizomen, Grundwasseranschluss oder die Sprossdichte des Ausgangsbestands Einfluss auf den Maßnahmenenerfolg.

6.5.4 Zeit- und Maschinenaufwand bei verschiedenen Bekämpfungsmethoden

Der zeitliche Aufwand für einen einzelnen Bekämpfungsdurchgang hängt neben dem gewählten Verfahren stark von der Struktur der Bestände und ihren Standorten ab (Dichte der Bestände, Anzahl und Dicke der Triebe, Alter und Größe, Steilheit/Zugänglichkeit des Geländes etc.). Hier sind bei den vier erprobten Bekämpfungsverfahren die Aufwendungen für die Methode Ausgraben/Ausreißen (händisch) am höchsten. Mit größerem Abstand folgen die Bekämpfung mit Strom (Behandlung jedes einzelnen Triebes erforderlich) und die Heißwasserbekämpfung (Dusche und Lanze). Auch der Einbau der Drahtgitter ist aufwendig, muss aber nur einmal erfolgen, während bei den anderen Verfahren mehrere Wiederholungen der Maßnahme vorgenommen werden müssen.

Zur Abschätzung des Personal-, Maschinen und Kostenaufwands für die Bekämpfungsmaßnahmen sind neben den oben genannten Parametern zur Bestandsstruktur und den örtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen:

- Aufwand für einen einzelnen Bekämpfungsdurchgang (Personaleinsatz/Maschinenkosten/Organisationsaufwand),
- erforderliche Anwendungshäufigkeit der Maßnahmen pro Jahr,
- voraussichtliche Anzahl der Bekämpfungsjahre bis zum Erreichen des Maßnahmenziels,
- Aufwand für eine gegebenenfalls erforderliche Verkehrssicherung,

- regionale Verfügbarkeit von Spezialunternehmen mit geeigneten Maschinen/Geräten (Reisezeiten, Konkurrenz),
- Möglichkeiten einer gegebenenfalls erforderlichen Entsorgung von lebendem Knöterichmaterial (Verbrennung, gesicherte Deponierung oder kontrollierte Kompostierung von Trieben und Rhizomen).

Folgende Zusammenstellung (Tabelle 19) zeigt aus den Erfahrungen der ersten beiden Untersuchungsjahre (2021 und 2022) eine Abschätzung für den Aufwand (Personal, Material/Technik) für einen einzelnen Bekämpfungseinsatz bei den erprobten Verfahren.

Verfahren	Aufwand (ohne Reisezeiten)	Personaleinsatz/ Maschinenkosten
Ausgraben/Ausreißen (händisch)	<ul style="list-style-type: none"> • mehrjährig, zu Beginn 3 x pro Jahr • sehr arbeitszeitintensiv, keine Technik • je Einsatz ~10 Ph/10 m² (zu Beginn, danach zum Teil deutlich abnehmend) • geringer Aufwand für Entsorgung 	GaLaBau-Stundensatz: 45 – 55 €
Strom (Elektrolanze)	<ul style="list-style-type: none"> • mehrjährig, zu Beginn 3-4 x pro Jahr • arbeitszeitintensiv, spezielle Technik • je Einsatz ~1 Ph/10 m² (zu Beginn) • kein Aufwand für Entsorgung 	Stundensatz Personal/Maschine M: 92,50 €
Heißwasser	<ul style="list-style-type: none"> • mehrjährig, zu Beginn 3-4 x pro Jahr • arbeitszeitintensiv, spezielle Technik • je Einsatz ~0,5 Ph/10 m² (zu Beginn) • kein Aufwand für Entsorgung 	Stundensatz Personal/Maschine P+M: 90 €
Drahtgitter	<ul style="list-style-type: none"> • einmalig (+ Sicherung/Betreuung) • Vorbereitung + Einbau ca. 4-8 Ph/10 m² • kein Aufwand für Entsorgung Biomasse • Rückbau (~4 Ph/10 m²) + Entsorgung Draht 	GaLaBau-Stundensatz: 45 – 55 € + Material
Erläuterung: Ph = Personen-Stunde		

Tab. 19: Aufwand für einen Bekämpfungseinsatz bei den erprobten Bekämpfungsverfahren (vorläufig, Stand 2023)

Bei den wiederholt durchzuführenden Verfahren zeigt sich schon im Jahr 2022, dass sowohl die Anzahl der Bekämpfungen pro Jahr als auch die Dauer des eigentlichen Bekämpfungsvorganges im Laufe der meist mehrjährig durchzuführenden Bekämpfung abnehmen werden. Bestimmte Fixkosten wie Anreise, Organisation, Verkehrssicherung etc. werden somit einen immer größeren Anteil am Zeit- und Kostenaufwand eines Bekämpfungsdurchganges einnehmen. Zudem sind nach einem erreichten Ausfall von Knöterich noch anschließende Erfolgskontrollen bei der Abschätzung des Kostenaufwands zu berücksichtigen. Beim Drahtgitter-Verfahren kommt ggf. der Aufwand für den Rückbau des Gitters hinzu.

Eine abschließende Vergleichsbetrachtung des Aufwands der verschiedenen Bekämpfungsverfahren wird daher erst nach mehreren Jahren bzw. nach erfolgreicher Eliminierung der behandelten Knöterichvorkommen möglich sein.

7 Empfehlungen zum Umgang mit Staudenknöterichen im Straßenbegleitgrün

7.1 Empfehlungen zur Priorisierung

Die in Kapitel 3 erläuterten Kriterien zur Einordnung von Beständen der ostasiatischen Staudenknöteriche in Hinsicht auf eine Priorisierung der Bekämpfung sind in der folgenden Tabelle 20 in Form einer Abfrageliste zusammengefasst.

Bestandsgröße Flächenumfang ca.		Kriterien/Abfragen	→ Maßnahmen- erfordernis
Kleine Bestände < 20 m ²	Kleinst-/ Initialbestände < 10 m ²	<ul style="list-style-type: none"> generell bei allen Vorkommen 	→ <i>Beseitigung</i>
	Sonstige Kleinbestände (10 – 20 m ²)	<ul style="list-style-type: none"> bei Erstauftreten oder Einzelaufreten in einem Abschnitt bei akuter Problemlage wenn absehbar ist, dass es durch weitere Bestandsausdehnung zukünftig zu Problemen kommt wenn es unwahrscheinlich ist, dass es in Zukunft zu Problemen kommt (z. B. Abschirmung des Bestandes durch Gehölzgürtel) 	→ <i>Beseitigung</i> → <i>Weitere Ausbreitung verhindern</i>
Mittelgroße Bestände 20 m ² – 200 m ²		<ul style="list-style-type: none"> bei akuter Problemlage wenn absehbar ist, dass es durch weitere Ausbreitung zukünftig zu Problemen kommt bei guter Zugänglichkeit 	→ <i>Beseitigung</i>
		<ul style="list-style-type: none"> wenn Beseitigung sehr aufwendig (nur über Eingriff in Böschungskörper, Leitungen im Boden, unzugänglich etc.) wenn durch Eindämmen das Entstehen einer konkreten Problematik verhindert werden kann wenn es unwahrscheinlich ist, dass es in Zukunft zu Problemen kommt (z. B. Abschirmung des Bestandes durch Gehölzgürtel) 	→ <i>Weitere Ausbreitung verhindern</i>
Große Bestände > 200 m ²		<ul style="list-style-type: none"> bei akuter Problemlage (v. a. Gefährdung Infrastruktur) wenn Zugänglichkeit gewährleistet und wenn Erfolg (Abschätzung Kosten-/Nutzen-Verhältnis) absehbar ist 	→ <i>Beseitigung</i>
		<ul style="list-style-type: none"> in den sonstigen Fällen 	→ <i>Weitere Ausbreitung verhindern</i>

Tab. 20: Hinweise zur Priorisierung der Bekämpfung von Beständen der Ostasiatischen Staudenknöteriche im Straßenbegleitgrün

Die Liste zielt in erster Linie auf die Größe der Bestände ab und ob durch diese eine akute Problemlage verursacht wird. So sind Initial- und Kleinbestände prioritär zu bekämpfen. Je größer und älter die Bestände sind, desto stärker ist im Rahmen einer Abschätzung des Kosten-/Nutzen-Verhältnisses abzuwägen, ob eine Bekämpfung oder z. B. nur eine Eindämmung der Bestände durchgeführt werden sollte. Bei dieser Abwägung spielen weitere Kriterien wie die Lage im Verkehrsbegleitgrün, die Erreichbarkeit und Befahrbarkeit der Bestandsflächen oder auch der Aufwand für die erforderlichen Verkehrssicherungsmaßnahmen eine bedeutende Rolle.

7.2 Empfehlungen zur Bekämpfung

Nach einer Bewertung in Hinblick auf das Erfordernis für die Beseitigung von Staudenknöterichvorkommen (Tabelle 20) muss eine geeignete Bekämpfungsmethode gewählt werden. Die Auswahl der Methode hängt neben der Bestandsgröße und dem Alter der Staudenknöterichbestände maßgeblich von der Lage und Zugänglichkeit der Bestände im Straßenraum, der Verfügbarkeit von Mitteln, ausführenden Betrieben, Arbeitsgeräten und Arbeitskräften, dem Maßnahmenziel (Beseitigung oder Eindämme/Schwächung) und Möglichkeiten zur Entsorgung anfallenden Erd-/Rhizommaterials ab.

Nach frisch eingeschleppten Bestände sollte gezielt gesucht und die Bestände umgehend mitsamt aller Rhizome entfernt werden. Ausgraben (händisch, oder ggf. mit Bagger) bietet sich hier meist als geeignete Methode an. Der Aufwand für Beseitigungsmaßnahmen zu Beginn einer Einschleppung ist in der Regel günstiger und erfolgsversprechender als Maßnahmen gegen etablierte Bestände und sollte Priorität haben.

Für mittelgroße Bestände können zum jetzigen Zeitpunkt noch keine abschließenden Empfehlungen ausgesprochen werden. Die ersten Ergebnisse zur Heißwasser- und Elektrobekämpfung sind erfolgsversprechend. Beide Methoden bringen den Vorteil mit sich, dass keine Entsorgung der anfallenden Knöterichbiomasse erforderlich ist und keine Bodenöffnung (mit Stabilitäts-/Erosionsrisiko z. B. an Böschungen) erfolgt.

Der Einbau eines Drahtgitters übt bisher keinen bzw. einen nur sehr geringen Einfluss auf die Knöterichbestände aus und ist deshalb nach aktuellem Kenntnisstand weniger zu empfehlen. Diese Methode bedarf aber voraussichtlich einer langen Liegeperiode und die Einschätzung der Wirksamkeit ist daher als vorläufig zu betrachten.

Die Standortverhältnisse am Knöterich-Wuchsort scheinen nach ersten Ergebnissen einen Einfluss auf den Maßnahmenerfolg zu haben. So wurden beispielsweise mit der Heißwasserbekämpfung im Mittelstreifen der A9 über den zweijährigen Versuchszeitraum schon gute Bekämpfungsergebnisse erzielt, während die Heißwasserbehandlungen an Vergleichsstandorten (Autobahnböschungen bzw. gut wasser- und nährstoffversorgte Standorte an Gewässerufer und Waldrand) eine weniger starke Schwächung bewirkt haben. Ähnlich stellt sich die Situation bei der Elektrobekämpfung dar: während das Vorkommen an einer Böschung bei Münchholzhausen stark geschwächt wurde, war der Rückgang des Staudenknöterichs im Mittelstreifen der A9 sowie an der Autobahnböschung der A45 (bei Großen-Linden) geringer.

Für konkretere und abschließende Methodenempfehlungen sind noch weitere Untersuchungen erforderlich.

7.3 Empfehlungen zur Ausbreitungsprävention

7.3.1 Zusammenstellung von Maßnahmen zur Prävention der Staudenknöterich-Ausbreitung im Planungsprozess und in der Umsetzungsphase von Bauprojekten

Bislang gibt es in Deutschland keine rechtlichen Regelungen, die den Umgang mit Knöterichvorkommen bzw. mit Rhizomen und Sprossen belastetem Erd-/Baumaterial regeln (z. B. im Vergleich zu Regelungen des Umgangs mit schadstoffbelasteten Böden).

Tabelle 12 (vgl. Kapitel 5.4.3) gibt mit Empfehlungscharakter einen Überblick über mögliche Maßnahmen zur Ausbreitungsprävention für die Planungsphase, die Umsetzungsphase der Baumaßnahmen und die Phase nach Abschluss der Baumaßnahmen.

Die angefügte Checkliste fasst die Maßnahmen in Form von Fragen für die Praxis zusammen. Durch Beantwortung der Fragen mit „ja“ oder „nein“, ergibt sich die Möglichkeit, eine Dokumentation der vorgenommenen Maßnahmen anzulegen und somit auch eine Grundlage für Erfolgskontrollen zu schaffen.

7.3.2 Checkliste

Zur Unterstützung der Planung von Maßnahmen zur Ausbreitungsprävention und Beseitigung von Staudenknöterich bei Baumaßnahmen im Straßenraum wurden die folgenden Checklisten entwickelt. Dabei werden folgende Umsetzungsphasen unterschieden:

- Planungsphase (inkl. Genehmigung)
- Bauphase
- Nach Baufertigstellung

Checklisten zur Planung von Ausbreitungsprävention bei Baumaßnahmen

Planungsphase					
	Fragestellung	nicht relevant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Handlungsbedarf, Bemerkungen
	<u>Erfassung von Beständen des Staudenknöterichs</u>				
1	Flächen im Planungsraum (insbesondere Baufeld und bauzeitliche Nebenflächen) wurden auf Bestände von Staudenknöterichen untersucht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Flächen/Lagermieten, die für die Gewinnung von anzuliefernden Erden/Substraten vorgesehen sind, wurden auf Bestände von Staudenknöterichen untersucht (soweit in der Planungsphase bekannt)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<u>Allgemeine Vorgaben zur Prävention der Einschleppung</u>				
3	Ausschreibungsunterlagen enthalten generelle Hinweise zur Problematik von Staudenknöterichen sowie zu Maßnahmen der Ausbreitungsprävention	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<u>Planungsgebiet mit Staudenknöterich-Vorkommen</u>				
4a	Konkreter Baumgriff (Fläche mit Baumaßnahmen) mit Nachweis des Staudenknöterichs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4b	Knöterichbestände im konkreten Baumgriff flächenscharf erfasst und bewertet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5a	Vorgesehene Flächen für Baustelleneinrichtung und Zwischenlager/Bodenmieten mit Nachweis des Staudenknöterichs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5b	Knöterichbestände auf vorgesehenen Flächen für Baustelleneinrichtung und Zwischenlager/Bodenmieten flächenscharf erfasst und bewertet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Knöterichbeseitigung und Ausbreitungsprävention sind in der weiteren Planung berücksichtigt (z. B. Anpassung Planung, einzelfallbezogenes Konzept)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7a	Bekämpfung vorhandener Staudenknöterichbestände ist vor Baubeginn möglich/erfolgversprechend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7b	Entsprechende Bekämpfungs- und Eindämmungs maßnahmen sind geplant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Hinweise auf eine spezifische ökologische oder bodenkundliche Baubegleitung sind formuliert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Ausbreitungsprävention ist in Ausschreibung für Erdarbeiten berücksichtigt (z. B. nur knöterichfreies Baumaterial verwenden, Kontrolle Anlieferungen und Entsorgungswege, Reinigung von Baumaschinen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Bauphase					
	Fragestellung	nicht relevant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Handlungsbedarf, Bemerkungen
10	Information der Baufirma, der zuständigen Meisterei (bei Durchführung Erdarbeiten) und ggf. des Erdlagerbetreibers zur Ausbreitungsprävention wurde durchgeführt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11a	Nur von Staudenknöterich unbelastetes Material wird verwendet , keine Verteilung belasteter Erde im Baustellenbereich, auf Erdwällen etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11b	Durchmischung von mit Staudenknöterich belasteter und unbelasteter Erde wird verhindert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Baumaschinen werden nach Arbeiten in Bereichen mit rhizombelasteter Erde gereinigt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13a	Von außen angelieferte Erden/Baustoffe werden auf Staudenknöteriche geprüft (augenscheinliche Gehalte an Blatt-/Stängelresten, Rhizomen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13b	Belastete Chargen werden soweit möglich zurückgewiesen oder getrennt zwischengelagert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Baufeld mit Staudenknöterich-Vorkommen				
14a	Im konkreten Baufeld vorhandene Staudenknöterichbestände werden vor dem eigentlichen Baubeginn am bisherigen Standort entfernt . <ul style="list-style-type: none"> • Rhizome werden restlos ausgegraben. • Erde im Umkreis von 2 m vom Rand des Knöterichbestandes wird abgegraben 	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14b	Rhizome werden sicher entsorgt. (Zuführung Müllverbrennung, ggf. vorherige Trocknung, ggf. kontrollierte Kompostierung)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14c	Boden-Rhizom-Gemisch wird auf der Baustelle belassen und gesondert gelagert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14d	Kontrolle der zwischengelagerten , (potenziell) belasteten Erde auf Austriebe von Staudenknöterich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14e	Bei einzelnen Austrieben Ausgraben der Pflanzen inklusive Rhizomen und sicher entsorgen (z. B. Müllverbrennungsanlage)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14f	Bei massiver Kontamination Bekämpfungsmaßnahmen am Boden-Rhizomgemisch vor Ort (z. B. Heißwasser (mehrfach), Crushing, Dämpfen, in Folie einschließen) oder bei Möglichkeit sichere Deponierung (Einbau in Tiefen mit mindestens 5 m Überdeckung auf Baustelle oder in geeigneter Deponie)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15a	Bei einzelem trotz Prävention aufwachsenden Knöterichpflanzen auf Erden/Substraten aus Anlieferungen oder aus Puffer-/Randbereichen die Pflanzen inklusive Rhizomen entfernen und sicher entsorgen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15b	Nachkontrollen über mindestens drei Vegetationsperioden sowie bei nahgewiesenem Aufwuchs Nacharbeiten und Nachkontrollen organisieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Nach Baufertigstellung					
	Fragestellung	nicht relevant	Antwort, falls relevant		
			ja	nein	Handlungsbedarf, Bemerkungen
	<u>Nachkontrolle</u>				
16a	Nachkontrollen über drei Jahre durchführen Jährliche Kontrolle aufwachsender Knöterichpflanzen in den auf die Baufertigstellung oder die Fertigstellung größerer Teilbereiche folgenden drei Vegetationsperioden auf hergestellten Vegetationsflächen und ggf. auf verbliebenen Zwischenlagern (mindestens einmal pro Jahr zwischen Juni und September)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16b	Bei Auftreten von Staudenknöterich alle Knöterichpflanzen sorgfältig mit Rhizomen ausgraben und sicher entsorgen (± von Erde befreite Rhizome/Sprosse z. B. in Müllverbrennung) Mindestens zwei Ausgrabdurchgänge pro Jahr zwischen Juni und September, bis keine weiteren Staudenknöteriche mehr nachgewiesen werden. Nach vollständiger Beseitigung dreijährige Nachkontrolle durchführen (vgl. 16 a)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Information und Datenmanagement				
17	Generell: Beauftragte Dritt-/Pflegerfirmen einweisen: → wenn Staudenknöteriche (vor allem Initialstadien) bei Durchführung der Pflegearbeiten gefunden werden, Bestand dokumentieren (Lage/km, Fotos) und der zuständigen Meisterei mitteilen → bei der Mahd eine Verschleppung des Mahlgutes oder von Rhizomstücken aus mit Knöterich durchsetzten Bereichen in bisher unbelastete Bereiche verhindern (Absetzen/Reinigen Maschinen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	Die für die Gebietspflege zuständige Meisterei führt ein Register zu Staudenknöterichfunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

7.4 Übertrag der Ergebnisse auf andere Verkehrsträger

Ein direkter Übertrag der Ergebnisse auf andere Verkehrsträger wie Schiene oder Wasserstraße ist nur bedingt möglich, da

- oft unterschiedliche Zugänglichkeiten bestehen (z. B. Erreichbarkeit mit Maschinen, Aufwand für Verkehrssicherung),
- regelmäßig Unterschiede bei den vorherrschenden Substraten auftreten (z. B. Gleisschotter, Auenböden),
- unterschiedliche Schwerpunkte bei der Problematik durch Staudenknöteriche auftreten (z. B. Gefährdung der winterlichen Ufersicherung bei Gewässern, direktes Einwachsen im Gleiskörper bei der Bahn).

Als allgemeingültig kann jedoch die Empfehlung angesehen werden, im Rahmen von Überwachungsprogrammen das Auftreten von Knöterichvorkommen systematisch zu erfassen, um so möglichst frühzeitig und dann mit relativ geringem Aufwand Kleinst- und Initialbestände entfernen zu können.

Literatur

ALBERTERNST, B. (1995): Kontrolle des Japan-Knöterichs an Fließgewässern. II. Untersuchungen zu Biologie und Ökologie der neophytischen Knöterich-Arten. Handbuch Wasser 2, Schriftenr. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.

ALBERTERNST, B. (1998): Biologie, Ökologie, Verbreitung und Kontrolle von Reynoutria-Sippen in Baden-Württemberg. Schriftenr. Inst. Für Landespflege der Albert-Ludwig-Universität Freiburg. Dissertation.

ALBERTERNST, B., BÖHMER, J. (2011): NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet. Fallopia japonica. https://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/r/reynoutria-japonica/reynoutria_japonica4.pdf (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

ALBERTERNST, B., NAWRATH, S. (2018): Bewertungsansatz für die Priorisierung von Managementmaßnahmen an weit verbreiteten invasiven Pflanzenarten. Natur u. Landschaft 93 (9/10): 39-45.

Baader Konzept GmbH (2018): Erfassung der pflanzlichen Biodiversität. Bericht zum Arbeitspaket 2 zum Projekt „Potenzial von Verkehrsnebenflächen zur Förderung der Biodiversität und ihre Rolle bei der Ausbreitung gebietsfremder Arten – Untersuchungsraum Aschaffenburg“. Im Auftrag der BfG. Stand 29. Mai 2018.

BAILEY, J. P. (1988): The salient characters of Reynoutria japonica. Bot. soc. of British Isles: 66-68.

BAILEY, J. P., SPENCER, M. (2003): New records FO Fallopia x CONOLLYana: Is it truly such a rarity? Watsonia 24:452-453.

BAILEY, J. P., STACE, C.A. (1992): Chromosome number, morphology, pairing, and DANN values of species and hybrids in the genus Fallopia (Polygonaceae). Pl. Syst. Evol. 180: 29-52.

BAILEY, J.P. (2001): Fallopia x CONOLLYana The Railway-yard Knotweed. Watsonia 23: 539-541.

BAKKER, P., BOEVE, E. (1985): Stinzenplanten. Terra, Zutphen.

BARTELS, P. (2022): Management von Neophyten auf Straßenbegleitflächen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, H V 359, 32 S. <https://bast.opus.hbz-nrw.de/opus45-bast/frontdoor/deliver/index/docId/2669/file/V359+Gesamtversion+Barrierefrei.pdf> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

BASSt – Bundesanstalt für Straßenwesen (2019): Leistungsbeschreibung zum ausgeschriebenen Projekt „Maßnahmen zum Umgang mit Japanischem Staudenknöterich“; FE 02.0429/2019/LRB vom 21.08.2019.

Baudirektion Kanton Zürich (2010): Problempflanzen Zugespitzter oder Japan-Knöterich. Hrsg: Baudirektion Kanton Zürich. Amt für Landschaft und Natur. Fachstelle Naturschutz. 4 S. https://www.baselland.ch/politik-und-behorden/direktionen/bau-und-umweltschutzdirektion/umweltschutz-energie/chemikalien/merkblätter/downloads-1/jap_staudenknoeterich.pdf/@@download/file/jap_staudenknoeterich.pdf (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

BayLfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Unkrautbekämpfung mit Essig oder Salz – grundsätzlich nicht erlaubt. <https://www.lfl.bayern.de/ips/recht/194773/index.php> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024)

BEERLING, D., BAILEY, J. P., CONOLLY, A. P. (1994): *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decraen. *J. of Ecology* 82: 959-979.

BERINGEN, R., LEUVEN, R.S.E.W., ODÉ, B., VERHOFSTAD, M., VAN VALKENBURG, J.L.C.H. (2019): Risk assessment of four Asian knotweeds in Europe. FLORON report 2018.049.e1 <https://english.nvwa.nl/binaries/nvwa-en/documenten/plant/plant-health/pest-risk-analysis/documents/floron-risk-assessment-of-four-asian-knotweeds-in-europe/floron-risk+assessment-of-four-asian-knotweeds-in-europe.pdf> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2023a): Rechtliche Rahmenbedingungen. <https://neobiota.bfn.de/grundlagen/rechtlicher-rahmen.html> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2023b): Liste invasiver gebietsfremder Arten von unionsweiter Bedeutung (Unionsliste). <https://neobiota.bfn.de/unionsliste/art-4-die-unionsliste.html> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

BfN – Bundesamt für Naturschutz (2023c): Leitfaden zur Verwendung von gebietseigenem Saat- und Pflanzgut krautiger Arten in der freien Natur Deutschlands. Hinweise zur Umsetzung des § 40 Abs. BNatSchG. BfN-Schriften 647. 97 S.

BMDV – Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2022): Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs. Stand: 1. Januar 2022.

BMUV- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2023): Berner Konvention. <https://www.bmu.de/themen/naturschutz-artenvielfalt/artenschutz/internationaler-artenschutz/berner-konvention> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

BÖHMER, H. J. (2002): Das Schmalblättrige Greiskraut (*Senecio inaequidens* DC. 1837) in Deutschland – eine aktuelle Bestandsaufnahme. *Flor. Rundbr.* 35 (1/2): 47-54.

BÖHMER, H. J., HEGER, T., ALBERTERNST, B., WALSER, B. (2006): Ökologie, Ausbreitung und Bekämpfung des Japanischen Staudenknöterichs (*Fallopia japonica*) in Deutschland. *Anliegen Natur Jg.* 2006 (30):29-34.

BOLLENS, U. (2005): Bekämpfung des Japanischen Staudenknöterichs (*Reynoutria japonica* Houtt., Syn. *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decraene, *Polygonum cuspidatum* Sieb. et Zucc.). Literaturreview und Empfehlungen für Bahnanlagen. Umwelt-Materialien Nr. 192. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 44 S. <https://www.e-helvetica.nb.admin.ch/api/download/urn%3Anbn%3Ach%3Aabel-375931%3ABek%25C3%25A4mpfung%2Bdes%2BJapanischen%2BStaudenkn%25C3%25B6terichs.pdf/Bek%25C3%25A4mpfung%2Bdes%2BJapanischen%2BStaudenkn%25C3%25B6terichs.pdf> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

BOLLENS, U., FISCHER, D. (2012): Pilotversuch zur Bekämpfung des Japanknöterichs: Schlussbericht 2012. www.neobiota.zh.ch (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

BOYER, M. (CCEAU, o.J.): Experiments in mechanical removal of invasive alien knotweed in France, Switzerland and Germany. <http://www.especes-exotiques-envahissantes.fr/wp-content/uploads/2016/10/Reynoutria-spp2.pdf> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

- BOYER, M., BARTHOD, L. (2019): Les possibilités de composter les renouées asiatiques. Sciences Eaux & Territoires n°27 – 2019, p. 80-85. DOI: 10.3917/set.027.0080.
- BUCH, C. (2018): Senecio inaequidens – Schmalblättriges Greiskraut (Asteraceae), Stadtpflanze des Jahres 2017. Jahrb. Bochumer Bot. Ver. 9:286-293.
- BUTTLER, K. P., MAY, R., METZING, D. (2018): Liste der Gefäßpflanzen Deutschlands. Florensynopse und Synonyme. BfN-Skripten, Band 519. Bundesamt für den Naturschutz, Bonn. DOI 10.19217/skr519 (aufgerufen am 4.4.2023).
- BVL – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2017): Genehmigung von Grundstoffen. https://www.bvl.bund.de/DE/Arbeitsbereiche/04_Pflanzenschutzmittel/03_Antragsteller/09_GenehmigungGrundstoffe/psm_GenehmGrundstoffe_node.html (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- CABI (2020): Progress with Weed Biocontrol Projects. Project report CABI – UK. January 2020. <https://www.cabi.org/wp-content/uploads/CABI-weed-biocontrol-Public-Summary-WFD-Jan-2020final.pdf> (aufgerufen am 6.6.2024).
- CABI (o.J.): Establishing the Psyllid: Field Studies for the biological control of Japanese Knotweed. <https://www.cabi.org/projects/establishing-the-psyllid-field-studies-for-the-biological-control-of-japanese-knotweed/> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- ČEREVKOVÁ, A., BOBULSKÁ, L., RENČO, and M. (2019): A case study of soil food web components affected by Fallopija japonica (Polygonaceae) in three natural habitats in Central Europe. Published in Journal of nematology 2019. DOI: 10.21307/jofnem-2019-042, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6909030/> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- Checktrade (Vetted Limited. Company, Portsmouth): Japanese knotweed removal cost. <https://www.checktrade.com/blog/cost-guides/cost-removing-japanese-knotweed/> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- CHILD, L.E., WADE, M. P. (2000): The Japanese Knotweed Manual. The management and control of an invasive alien weed. Packard Publishing, Chichester, UK.
- Council of Europe (1979): Übereinkommen über die Erhaltung der europäischen wildlebenden Pflanzen und Tiere und ihrer natürlichen Lebensräume. <https://rm.coe.int/1680078b1b> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- DJEDDOUR, D., SHAW, R. H. (2010): The Biological Control of Fallopija Japonica in Great Britain: Review and Current Status. Outlooks on Pest Management, Feb. 2010: 15-18. DOI: 10.1564/21Feb 04
- EISEL, T. (2016): Erfahrungen mit der herbizidfreien Bekämpfung von Reynoutria japonica. <https://www.korina.info/wp-content/uploads/2013/04/Eisel%202016%20Plantex%20Platinum%20-%20Erfahrungen%20160907.pdf> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- Environment Agency, Department for Environment, Food & Rural Affairs and Natural England (2016): How to stop Japanese knotweed from spreading. <https://www.gov.uk/guidance/prevent-japanese-knotweed-from-spreading> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- EU-Verordnung 2017/1529: Durchführungsverordnung (EU) 2017/1529 der Kommission zur Genehmigung des Grundstoffs Natriumchlorid gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Änderung des Anhangs der Durchführungsverordnung

(EU) Nr. 540/2011 der Kommission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32017R1529> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

FENNELL, M., WADE, M., BACON, K.L. (2018): Japanese knotweed (*Fallopia japonica*): an analysis of capacity to cause structural damage (compared to other plants) and typical rhizome extension. *PeerJ* 6: e5246; DOI 10.7717/peerj.5246

GALASSO, G., BANFI, E., DE MATTIA, F., GRASSI, F., SGORBATI, S., LABRA, M. (2009): Molecular phylogeny of *Polygonum* L. s.l. (Polygonoideae, Polygonaceae), focusing on European taxa: preliminary results and systematic considerations based on rbcL plastidial sequence data. *Atti Soc. it. Sci. nat. Museo civ. Stor. Nat. Milano*, 150 (I): 113-148, Gennaio 2009.

GERBER, E. (2015): Asiatische Staudenknötericharten. Ökologische Auswirkungen und Bekämpfung. Vortrag; http://japanknoetrich-lev.de/2014_09_08_VorrtaGerber-Fallopia-impact-control-Neophyten-CH-for-website_verkleinert.pdf (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

GERBER, E., MURRELL, C., KREBS, C., BILAT, J., SCHAFFNER, U. (2010): Evaluating non-chemical management methods against invasive exotic knotweeds, *Fallopia* spp. Final Report. https://www.researchgate.net/profile/Esther-Gerber/publication/293103585_Evaluating_non-chemical_management_methods_against_invasive_exotic_knotweeds_Fallopia_spp/links/623238a14ce552783cc0e58b/Evaluating-non-chemical-management-methods-against-invasive-exotic-knotweeds-Fallopia-spp.pdf (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

GOVER, A., JOHNSON, J., KUHNS, L. (2005): Managing Japanese Knotweed and Giant Knotweed on Roadsides. Factsheet 5. <https://plantscience.psu.edu/research/projects/vegetative-management/publications/roadside-vegetative-mangement-factsheets/5managing-knotweed-on-roadsides> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

GREGORI, S. (2017): Pilotversuch zur Bekämpfung des Japanknöterichs. Schlussbericht Phase II 2013-2016. Bericht im Auftrag des BAFU, Abteilung Arten, Ökosysteme, Landschaften. <https://umwelt.tg.ch/public/upload/assets/103828/Pilotversuch-zur-Bekaempfung-des-Japanknoeterichs%20.pdf> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

HAND, R., THIEME, M. ET al. (2023): Florenliste von Deutschland (Gefäßpflanzen) Version 13 (März 2023), begründet von Karl Peter Buttler, <https://www.florenliste-deutschland.de>, Berlin (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

HMUELV (BATTEFELD, K.U. 2020): Hinweise zur Umsetzung des § 40 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) in Hessen. https://natureg.hessen.de/resources/recherche/HMUKLV/Erlasse/Erlass%2040BNatSchG_08_2020_end.pdf (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

HomeHow: Japanese Knotweed Removal Costs. <https://www.homehow.co.uk/costs/japanese-knotweed-removal> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

Japanese Knotweed Specialists (o.J.): Trusted Specialists of Invasive Weed Solutions. <https://www.japaneseknotweedspecialists.com/> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

JÄGER, E.-J. (1995): Die Gesamtareale von *Reynoutria japonica* Houtt. und *R. sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai, ihre klimatische Interpretation und Daten zur Ausbreitungsgeschichte. *Schr.R. f. Vegetationskunde* 27: 395-403.

- JONES, I. M., SMITH, S. M., BOURCHIER, R. S. (2020): Establishment of the biological control agent *Aphalara itadori* is limited by native predators and foliage age. *J. Appl Entomology* 144 (8). Abstract. <https://doi.org/10.1111/jen.12792> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- Kanton Zug (2019): Wirkungskontrolle Projekt „Neophytenbekämpfung außerhalb von Naturschutzgebieten“. Jahre 2009 bis 2018. Direktion des Innern des Kantons Zug, Amt für Wald und Wild, Abteilung Schutzwald, Waldbiodiversität & Naturgefahren. 21 S.
- KIEß, C. (2018): Die Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 über invasive gebietsfremde Arten und ihre Durchführung in Deutschland. *Natur und Landschaft* 93, Heft 9/10: 402-407.
- KLEINBAUER, I., DULLINGER, S., KLINGENSTEIN, F., MAY, R., NEHRING, S., ESSL, F. (2010): Ausbreitungspotenzial ausgewählter neophytischer Gefäßpflanzen unter Klimawandel in Deutschland und Österreich, BfN-Skripten 275.
- KOWARIK, I. (2010): Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. 2. erweiterte Aufl. Ulmer Verlag. 492 S.
- KRETZ, M. (1994): Kontrolle des Japan-Knöterichs an Fließgewässern. I. Erprobung ausgewählter Methoden. *Handbuch Wasser 2, Schriftenr. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg*.
- Land Steiermark (o.J.). Nicht EU gelistete Arten/Pflanzen, Japanischer Staudenknöterich (*Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr.). <https://www.neobiota.steiermark.at/cms/beitrag/12776007/156566976/> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- MAERZ, J. C., BLOSSEY, B., NUZZO, V. (2005): Green frogs show reduced foraging success in habitats invaded by Japanese knotweed. *Biodiversity and Conservation* (2005) 14:2901–2911, DOI 10.1007/s10531-004-0223-0.
- MATTHEW, J. WILSON, M. J., FREUNDLICH, A. E., MARTINE, C. T. (2017): Understory dominance and the new climax: Impacts of Japanese knotweed (*Fallopia japonica*) invasion on native plant diversity and recruitment in a riparian woodland. *Friends, Biodiversity Data Journal* 5: e20577; doi:10.3897/BDJ.5.e20577.
- McHUGH, J. M. (2006): A review of literature and field practices focused on the management and control of invasive knotweed (*Polygonum cuspidatum*, *P. sachalinense*, *P. polystachyum* and hybrids). <https://www.invasive.org/gist/moredocs/polssp02.pdf> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- MEINLSCHMIDT, E. (2006): Staudenknöteriche; Japanischer, Sachalin- und Böhmischer Knöterich; Faltblattreihe Integrierter Pflanzenschutz. Heft 6.
- MICHELI, A., DE; BOLLENS, U., GELPKE, G., STREIT, B., FISCHER, D. (2006): Bericht und Empfehlung zur Bekämpfung des Japanknöterichs. <https://docplayer.org/54675586-Bericht-und-empfehlung-zur-bekaempfung-des-japanknöterichs.html> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- MOLDER, F. (2023): Wiederfund der Wild-Tulpe (*Tulipa sylvestris* L. 1753) in Nordschwaben. *Informationen der ARGE Flora Nordschwaben*. Heft 14: S. 16-18.
- MOLDER, F., CLASSEN, N., GAAR, T., JIDKOVA, K. & ROGER, B. (2022): Bestandsentwicklung von invasiven Pflanzen auf Verkehrsnebenflächen. Eine Folgeuntersuchung auf ehemaligen Dauerversuchsflächen des BMDV. *Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Verkehrstechnik*. Heft 1143. 237 S.

- NAWRATH, S., ALBERTERNST, B. (2010): Vorkommen von *Ambrosia artemisiifolia* an bayrischen Straßen. *Hoppea, Censchr. Regensb. Bot. Ges.* 71 (2010): 249-261.
- NEHRING, S., KOWARIK, I., RABITSCH, W., ESSL, F. (2013): Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertung für in Deutschland wildlebende gebietsfremde Gefäßpflanzen. BfN-Skripten 352. 202 S.
- OLDENBURGER, J., PENNINKHOF, J., DE GROOT, C., VONCKEN, F. (2017): Praktijkproef bestrijding duizendknoop. Probos, Wageningen. <https://www.probos.nl/publicaties/rapporten/rapporten-2018-en-ouder/1424-praktijkproef-bestrijding-duizendknoop> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- PHLORUM (BECKET & SCHOFIELD o.J.): Japanese Knotweed Removal Cost. <https://www.phlorum.com/japanese-knotweed/removal/cost/> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- PROBOS (2023): Infoblad 0 Wet- en regelgeving. <https://bestrijdingduizendknoop.nl/infobladen/infoblad-0-wet-en-regelgeving/> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- REINHARDT, F., HERLE, M., BASTIANSEN, F., STREIT, B. (2003): Ökonomische Folgen der Ausbreitung von Neobiota. UBA Texte 79/03. https://user.uni-frankfurt.de/~streit/public_html/PDFs%20von%20Veroeffentlichungen/OekonomFolgenNeobiota.pdf (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- ROY, H. E., RABITSCH, W., SCALERA R. (2018): Study on Invasive Alien Species – Development of risk assessments to tackle priority species and enhance prevention Contract No 07.0202/2017/763379/ETU/ENV.D2. <https://purews.inbo.be/ws/portalfiles/portal/18211958/KH0618413ENN.en.pdf> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- SCHMIEDEL, D., WILHELM, E.-G., NEHRING, S., SCHEIBNER, C., ROTH, M., WINTER, S. (2015): Managementhandbuch zum Umgang mit gebietsfremden Arten in Deutschland. *Naturschutz u. Biologische Vielfalt* 141 (1). 709 S.
- SCHUMACHER, J. & SCHUMACHER, A. 2020: Ausbringen von Pflanzen in der freien Natur. *NuL* 52 (03): 140-141.
- SCHWABE, A., KRATOCHWIL, A. (1991): Gewässer-begleitende Neophyten und ihre Beurteilung aus Naturschutz-Sicht unter besonderer Berücksichtigung Südwestdeutschlands. *NNA-Ber.* 4(1); 14-27.
- Statistisches Bundesamt (2023): Daten zur Verkehrsinfrastruktur, wie zum Beispiel Straßenlängen für die Jahre 2018 bis 2022. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Unternehmen-Infrastruktur-Fahrzeugbestand/Tabellen/verkehrsinfrastruktur.html> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- TACKENBERG, O. (2018): Ermittlung und Risikobewertung der für den Verkehrsträger Schiene kritischen invasiven Arten. Band I – Risikoanalyse. EBA FB 2018-11, März 2019, 654 S., <https://doi.org/10.48755/dzsf.210026.01> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).
- VOGG (1919): *Polygonum cuspidatum* Siebold und Zucc. Ein Studienversuch zur Pflanzenbiologie. *Ber. Naturw. Verein Augsburg* 42:175-183.
- WALSER, B. (1995): Praktische Umsetzung der Knöterichbekämpfung. In: BÖCKER, R., GEHARDT, H., KONOLD, W., SCHMIDT-FISCHER, S. (Hrsg., 1995): *Gebietsfremde Pflanzenarten*: 161-171. Ecomed.

WALSER, B. (2015): Staudenknöterich an unseren Bächen – Strategien zur Bestandsregulierung. Vortrag Landschaftspflege tag Baden-Württemberg, 8.10.2015, <https://docplayer.org/55366227-Staudenknöterich-an-unseren-baechen-strategien-zur-bestandsregulierung.html> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

WALSER, B. (2019): Staudenknöterich – Gefahr für unsre Kulturlandschaft? Strategien zur Bestandsregulation. Vortrag bei „Umweltakademie/Naturpark Südschwarzwald“ 8.5.2019. https://www.biosphaerengebiet-schwarzwald.de/wp-content/uploads/2019/06/Walser_Umweltakademie_Schopfheim_08052019-Kompatibilit%C3%A4tsmodus.pdf (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

WILLIAMS, F., ESCHEN, R., HARRIS, A., DJEDDOUR, D., PRATT, C., SHAW, R.S., VARIA, S., LAMONTAGNE-GODWIN, J., THOMAS, S.E., MURPHY, S.T. (2010): The Economic Cost of Invasive Non-Native Species on Great Britain. CAB/001/09, http://www.mari-odu.org/academics/2018s_adaptation/commons/library/Williams_etal_2010.pdf (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

WILSON, M. J., FREUNDLICH, A. E., MARTINE, C. T. (2017): Understory dominance and the new climax: Impacts of Japanese knotweed (*Fallopia japonica*) invasion on nativeplant diversity and recruitment in a riparian woodland. *Biodiversity Data Journal* 5: e20577. doi: 10.3897/BDJ.5.e20577.

WISSKIRCHEN, R., HAEUPLER, H. (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. Hrsg. v. Bundesamt für Naturschutz. Ulmer. 765 S.

ZASSO (2021): Prinzip der elektrischen Unkrautbekämpfung. <https://zasso.com/de/technik/> (zuletzt aufgerufen am 6.6.2024).

Bilder

Bild 1:	Morphologische Unterschiede des Japanischen, Böhmisches und Sachalin-Staudenknöterichs. Oben: Blüten (Diözie); unten: Blattform und Blattbehaarung der Blattunterseite (Zeichnung: Alberternst 1998).	17
Bild 2:	Dichter Staudenknöterichbestand an einer Böschung bei Nürnberg. Zur Entwicklung artenreicher Grünlandvegetation, müsste hier zunächst der Knöterich nachhaltig entfernt werden (Foto: B. Alberternst, 24.8.2011)	19
Bild 3:	Randlich in den Straßenraum einwachsender Staudenknöterich an der L536 bei Wilhelmsfeld im Odenwald (Foto: B. Alberternst, 16.5.2022)	19
Bild 4:	Staudenknöterich wächst zwischen Pflasterfugen am Rand einer Stützmauer. Steine können durch die Rhizome gelockert werden, der Pflegeaufwand zum Freihalten der Fläche wird erhöht (Foto: B. Alberternst, Rhöndorf 25.4.2010)	20
Bild 5:	Eine dichte „Wand“ aus Staudenknöterich säumt die Eisenbahnschienen bei Kleinwallstadt (Foto: B. Alberternst, 6.9.2022). Das Einwachsen des Staudenknöterichs ins Gleisnetz muss zur Freihaltung der Gleise unterbunden werden	21
Bild 6:	Der Himalaja-Bergknöterich im vegetativen Zustand (oben, vor Fallopia japonica, Foto: B. Alberternst) und im blühenden Zustand (unten, Foto: C. Bühringer, Baader Konzept).....	27
Bild 7:	Nach Baumaßnahmen aufgewachsener, noch kleiner Bestand von Japanischem Staudenknöterich. Ohne Entfernung des Vorkommens ist langfristig ein erhöhter Aufwand zum Freischneiden der Verkehrsschilder erforderlich (Foto: B. Alberternst, 4.7.2013)	47
Bild 8:	Abgegrabenes Erdmaterial mit Rhizomen und Knöterichaufwuchs bei Rosenheim (Foto: B. Alberternst, 01.08.2014)	59
Bild 9:	Wahrscheinlich im Zuge der Verschleppung des Verkehrsbegleitgrüns aufgereichte Knöterichbestände an der BAB A6 zwischen Ansbach und Nürnberg (Foto: T. Gaar).....	59
Bild 10:	Früchte von Fallopia sachalinensis (links) und F. japonica (rechts; Fotos: B. Alberternst)	60
Bild 11:	Brachliegendes Eisenbahn-Gelände in Darmstadt mit Staudenknöterich-Vorkommen. Der Wuchsort lässt bei der abgebildeten Pflanze (F. x bohemica) einen Sämling vermuten (Foto: B. Alberternst).....	60
Bild 12:	Typische Wuchsorte des Staudenknöterichs im Straßenraum (Fotos: B. Alberternst)	61

Bild 13:	Knöterichvorkommen auf dem Lärmschutzwall der A45 bei Großen-Linden, mit parallelem Auftreten der weißfilzigen Eselsdistel und einer blühenden Kulturform der Iris (Koordinate 3475423 5598426)	63
Bild 14:	Um das Jahr 2015 errichtete Straßenböschungen an der neu gebauten L3351 bei Karben mit Vorkommen von Staudenknöterich (<i>Fallopia japonica</i> und <i>F. x bohemica</i> ; rote Punkte, Erhebung 20.07.2021)	64
Bild 15:	Vorkommen von Staudenknöterich an Böschungen der um 2015 gebauten L3351 (20.07.2021).....	65
Bild 16:	Knöterichvorkommen auf Straßenböschungen an der L3351 bei Karben. Die meisten Staudenknöteriche wurden zuvor wahrscheinlich mit einem Herbizid behandelt und die Sprosse waren abgestorben. Einige Pflanzen wurden bei der Behandlung nicht erfasst und sind weiterhin vital (20.07.2021)	65
Bild 17:	Punktuelles Staudenknöterichvorkommen am Fuß einer Schilderbrücke an der BAB A3 bei Frankfurt/Main (20.05.2020).....	66
Bild 18:	Staudenknöterich in einem Erd- bzw. Baustofflager in Menden (Foto: 25.08.2013, B. Alberternst).....	67
Bild 19:	Staudenknöterich in einem Boden-Zwischenlager (oben) und am Rand eines alten Rastplatzes (unten) an der BAB A 3 bei Haundorf – abgestorbene Triebe des Vorjahres und Wiederaustrieb (22.04.2020)	68
Bild 20:	Böhmischer Staudenknöterich am Böschungsfuß eines Supermarktparkplatzes in Butzbach kurze Zeit nach Baufertigstellung 2016 und im Jahr 2021 (GK 3476183/5589829). Der Knöterich hat sich etabliert und breitet sich aus (oben: 10.5.2016, Foto: S. Nawrath, unten: 22.7.2021, Foto: B. Alberternst).	70
Bild 21:	Dominanzbestände von <i>F. x bohemica</i> auf Straßenböschungen in München-Lochhausen (4457480 5337508, 2021, oben, Foto: B. Alberternst) und an der BAB A7 bei Fulda/Pilgerzell (2019, unten, Foto: F. Molder)	71
Bild 22:	Mögliche Ausbreitungswege bei der unbeabsichtigten Verschleppung von Staudenknöterich-Rhizomen mit Erde.....	72
Bild 23:	Mögliche Ausbreitungswege bei der unbeabsichtigten Verschleppung von Staudenknöterich-Rhizomen mit Erde und Ansatzpunkte (rot) für Maßnahmen zur Ausbreitungsprävention und Bekämpfung.....	73
Bild 24:	Abgestorbene vorjährige Sprosse und Neuaustrieb von Staudenknöterich im Frühjahr (Foto: B. Alberternst, Mitte April 2009)	74
Bild 25:	Vor kurzer Zeit eingeschleppte noch kleine Staudenknöterich-Vorkommen an einer Böschung. Derartige Vorkommen sollten registriert und umgehend vollständig entfernt (z. B. ausgegraben) werden, bevor sich großflächige Staudenknöterichbestände entwickeln (Foto: B. Alberternst 31.07.2014)	76

Bild 26:	A9 bei Nürnberg – Begutachtung des Staudenknöterichs im Mittelstreifen mit Schutzplanken (22.04.2020).....	79
Bild 27:	Aufnahme eines Staudenknöterich-Bestandes im Böschungsbereich (22.04.2020)	79
Bild 28:	Sachalin-Staudenknöterich (<i>F. sachalinensis</i>) in der Lahnaue an der Westspitze des Dutenhofener Sees vor der ersten Heißwasserbehandlung (05.05.2020)	84
Bild 29:	Räumliche Verteilung der ausgewählten Standorte für die Praxistests mit Angabe der jeweils angewandten Bekämpfungsmethoden (Kartendaten: Open StreetMap contributors)	84
Bild 30:	Blühende Exemplare der Wild-Tulpe in einem Bestand des Staudenknöterichs an der B466 bei Oettingen (Foto: F. Molder, 28.04.2021)	85
Bild 31:	Wirkung des Ausgrabens auf den Wiederaufwuchs bei kleinen und einem mittelgroßen Staudenknöterichvorkommen	140
Bild 32:	Wirkungsvergleich der Strombehandlung auf Staudenknöterich der Untersuchungsflächen in Hessen und Bayern	157
Bild 33:	Vergleich der Wirkung der Heißwasserbehandlung auf Staudenknöterichbestände der drei Untersuchungsstandorte an der A9 bei Nürnberg. Der Bestand in Letten wurde Anfang Mai 2021, die übrigen Mitte Mai vermessen. 2021 erfolgten vier, 2022 drei Behandlungen.	179
Bild 34:	Wirkung der Heißwasserbehandlung über drei Vegetationsperioden. 2020 sind fünf, 2021 drei und 2022 vier Heißwasserbehandlungen erfolgt. In 2021 betrug die zeitliche Lücke zwischen V 2 und V 3 etwa 3 Monate.	180
Bild 35:	Entwicklung des Staudenknöterichaufwuchses unter dem Drahtgitter am Lärmschutzwall Friedrichsdorf A5, Hessen (Einbau am 27.05.2021 nach Abmähen des Erstaufwuchses). Die Sommertrockenheit 2022 hat den Staudenknöterich stark im Wachstum beeinträchtigt.	191
Bild 36:	Wirkung des Drahtgitters auf die Entwicklung der Deckungsgrade des Staudenknöterichs bei Letten (By) (Einbau am 02.06.2021 nach Abmähen des Erstaufwuchses)	192
Bild 37:	Deckungsgrad des Staudenknöterichs der verschiedenen Versuchsvarianten vor der letzten Maßnahme in 2021 und 2022. Bei der Variante Ausgraben wurden als Vergleich die Werte vor der Maßnahmenumsetzung verwendet. Bei der Variante Drahtgitter wurde als Ausgangswert der Sprossaufwuchs im August nach dem Auflegen des Drahtgitters zugrunde gelegt. Die Werte unter den genannten Methoden geben die Anzahl der Maßnahmenhäufigkeit vor der Vermessung an.	196
Bild 38:	Vermessungsergebnisse (Länge x Durchmesser x Anzahl) des Staudenknöterichs der verschiedenen Versuchsvarianten vor der letzten Maßnahme in 2021 und 2022. Bei der Variante Ausgraben wurden als Vergleich die Werte vor der Maßnahme verwendet.....	197

- Bild 39: Sehr ausgedehnter, daher vermutlich lange Zeit etablierter Sachalin-Staudenknöterich bei Rain auf ebener Fläche mit relativ geringen Trockenstress-Symptomen (Foto: B. Alberternst, 1.8.2022)..... 198
- Bild 40: Relativ kleiner Sachalin-Staudenknöterich wenige Meter entfernt vom oben genannten auf der Kuppe einer Wegböschung mit sehr starken Trockenstresssymptomen, ein Großteil der Blätter (rechts im Bild) ist vertrocknet (Foto: B. Alberternst, 1.8.2022). 198

Tabellen

Tab. 1:	Schätzung der jährlichen Kosten für den Umgang und die Kontrolle von Staudenknöterichen in Großbritannien (Quelle: WILLIAMS et al. 2010, verändert).....	22
Tab. 2:	Schätzung der jährlichen Kosten für die Bekämpfung und Kontrolle von Staudenknöterichen im Straßennetz von Großbritannien (Quelle: WILLIAMS et al. 2010)	23
Tab. 3:	Kostenrahmen für Beseitigungsmaßnahmen gegen Ostasiatische Staudenknöterichsippen in Großbritannien für „ein Projekt“ nach „checktrade“ (https://www.checktrade.com/blog/cost-guides/cost-removing-japanese-knotweed/).....	24
Tab. 4:	Verfahren zur Bekämpfung/Wuchskontrolle der ostasiatischen Staudenknöterich-Sippen im Bestand	34
Tab. 5:	Verfahren zur Behandlung von mit Staudenknöterich belasteten Substraten (Mähgut, rhizomhaltiger Boden).....	35
Tab. 6:	Verfahren zur Bekämpfung der ostasiatischen Staudenknöterich-Sippen im Bestand mit Beschreibung der Vorgehensweise, erwartbaren Effekten, Aufwand und der Eignung für einen Einsatz im Straßenbegleitgrün.....	35
Tab. 7:	Verfahren zur Behandlung von mit Staudenknöterich belasteten Substraten	41
Tab. 8:	Zusammenfassende Einordnung und Bewertung von Bekämpfungsmethoden im Bestand	44
Tab. 9:	Verfahren zur Behandlung von mit Staudenknöterich belasteten Substraten (rhizomhaltige Böden, Mähgut)	46
Tab. 10:	Zusammenstellung der ausgewählten Bekämpfungsmethoden zum Einsatz in den Praxisversuchen.....	57
Tab. 11:	Fundstellen von Stauden-Knöterich im Umfeld von Bundesfernstraßen, die auf eine Einschleppung mit Erde schließen lassen	62
Tab. 12:	Maßnahmen zur Prävention der Staudenknöterich-Ausbreitung im Planungsprozess sowie in der Umsetzungsphase von Bauprojekten	75
Tab. 12:	Fortsetzung.....	76
Tab. 13:	Bewertungskriterien zur Eignungsfindung von möglichen Staudenknöterichvorkommen für die Durchführung von Praxisversuchen.....	78
Tab. 14:	Bekämpfungsverfahren mit einer grundsätzlichen Eignung für eine Anwendung im Verkehrsbegleitgrün von Bundesfernstraßen.....	80
Tab. 15:	Endgültige Auswahl der Bekämpfungsverfahren für die Praxistests	81

Tab. 16:	Abschließende Auswahl der Versuchsstandorte.....	83
Tab. 17:	Ausgewählte Bekämpfungsverfahren für die Praxistests mit Zuordnung der Versuchsstandorte und Knöterichbestände	86
Tab. 18:	Gliederung der Steckbriefe nach Art der Bekämpfung und Standorten sowie Aufteilung in Unterkapitel	129
Tab. 19:	Aufwand für einen Bekämpfungseinsatz bei den erprobten Bekämpfungsverfahren (vorläufig, Stand 2023)	200
Tab. 20:	Hinweise zur Priorisierung der Bekämpfung von Beständen der Ostasiatischen Staudenknöteriche im Straßenbegleitgrün	201

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Unterreihe „Verkehrstechnik“

2023

V 366: Akzeptanz und Verkehrssicherheit des Radverkehrs im Mischverkehr auf Hauptverkehrsstraßen

Schüller, Niestegge, Hantschel, Kühn, Gerike, Huber

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 367: In Situ-Messungen von Reflexionseigenschaften von Fahrbahnoberflächen

Schulze

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 368: Methoden zur Bewertung der Verbindungsqualität in Straßennetzen

Friedrich, Bawidamann, Peter, Waßmuth

€ 20,00

V 369: Verkehrsablauf an signalisierten Knotenpunkten mit hohem Radverkehrsaufkommen

Fritz, Grigoropoulos, Kath, Baier, Reinartz, Schuckließ, Junghans, Lücken, Leonhardt

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 370: Wissenschaftliche Begleitung des digitalen Testfelds auf der A9 zwischen München und Nürnberg

Vierkötter, Mischnick, Spangler, Gerstenberger, Windmann, Nedkov, Emmermann, Haspel

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 371: Begleitende Systemevaluation der Maßnahme: Sicheres Ausleiten bei BAG-Standkontrollen

Fehn, Margreiter, Spangler, Bogenberger, Emmermann, Bengler, Vierkötter, Nedkov, Feldges, Holst

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 372: Autonome Systeme für Straßenbetriebsdienste (AETAS BAB)

Lüpges, Kleer, Holldorb, Zielke

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 373: Modellanalyse Schadstoffimmissionen – Auswirkungen des Verkehrs auf die Luftqualität in drei Ballungsräumen

Jakobs, Schneider, Toenges-Schuller, Düring, Hoffmann

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 374: Kriterien für die Beurteilung des Gefährdungspotenzials für Motorradfahrer durch scharfkantige Konstruktionsteile in Fahrzeug-Rückhaltesystemen

Kathmann, von Heel, Schimmelpfennig, Reglitz, Kammel, Goergen

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 375: Virtuelle Anprallprüfungen an Fahrzeug-Rückhaltesystemen mit der Finite-Elemente-Simulation

Fröhlich, Schwedhelm, Kübler, Balzer-Hebborn, Yu

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 376: Innovative Datenerfassung und -nutzung im Straßenbetriebsdienst

Hess, Best, Lohmeier, Temme

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2024

V 377: Verfahren für die Bewertung des Verkehrsablaufs auf Autobahnen als Ganzjahresanalyse für unterschiedliche Randbedingungen

Geistefeldt, Hohmann

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 378: Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit an Arbeitsstellen auf Autobahnen unter unterschiedlichen Randbedingungen

Geistefeldt, von der Heiden, Oeser, Kemper, Diner, Baier, Klemps-Kohnen

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 379: Nachhaltige Förderung des Radverkehrs im Winter durch optimierten Winterdienst (WinRad)

Holldorb, Riel, Wiesler, Cypra, März

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 380: Maßnahmen zum Umgang mit japanischem Staudenknöterich

Molder, Gaar, Münch, Alberternst

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen · Tel.+(0)421/3 69 03-53 · Fax +(0)421/3 69 03-48
Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.
www.schuenemann-verlag.de

Alle Berichte, die nur in digitaler Form erscheinen, können wir auf Wunsch als »Book on Demand« für Sie herstellen.



ISSN 0943-9331
ISBN 978-3-95606-792-1
<https://doi.org/10.60850/bericht-v380>

www.bast.de