

29. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 3. – 5. März 2020 in Braunschweig

## Wirkungsvergleich Heißwasser und Herbizid – Schweizer Bahnen wollen ab 2025 weitgehend auf Herbizideinsatz verzichten

*Hot water versus herbicides – Swiss railways renounce herbicide use by 2025*

**Christian Bohren<sup>1\*</sup>, Gunter Adolph<sup>2</sup>, Lukas Tanner<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Agroscope, Malherbiologie grandes cultures et viticulture, Route de Duillier 50, CP 1012, 1260 Nyon, Schweiz

<sup>2</sup>SBB AG / Infrastruktur - Sicherheit, Qualität, Umwelt, Hilfikerstrasse 3, 3000 Bern 65, Schweiz

\*Korrespondierender Autor, christian.bohren@agroscope.admin.ch

DOI 10.5073/jka.2020.464.063



### Zusammenfassung

Die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB, CFF, FFS) verwendeten bis Anfangs der 1990er Jahre Atrazin, um die Vegetation am Gleis zu kontrollieren. Das Herbizid wurde großflächig und undifferenziert versprüht, was zu erheblicher Belastung von Grund- und Oberflächenwasser mit Herbizidrückständen führte. Mitte der 1990er Jahre war das Atrazin gänzlich von Glyphosat abgelöst worden. Kleine Teams gehen noch heute mit der Rückenspritze die Zugstrecken ab und applizieren das Herbizid mit der Rückenspritze. Auf Grund der aktuell weltweiten Bedenken gegen den Einsatz von Herbiziden und Pflanzenschutzmitteln allgemein haben sich die SBB zum Ziel gesetzt, Alternativen für die Vegetationskontrolle im Gleisbereich zu fördern und zu entwickeln. 2018 wurden erste positive Erfahrungen mit der Applikation von Heißwasser gemacht. Daraufhin bauten die SBB 2019 den Prototypen eines Heißwasserspritzzuges. Im Rangierbahnhof Basel bei Muttenz wurden die Effekte Heißwasserbehandlungen mit denen der Glyphosat Applikation und einer Kontrolle unbehandelt verglichen. Agroscope hat mit Vegetationsaufnahmen das Potential der Heißwasserapplikation aufgezeigt.

**Stichwörter:** Eisenbahn, Heißwasser, Unkrautbekämpfung

### Abstract

Swiss railways (SBB, CFF, FFS) used atrazin up until the end of the 1980s along railway tracks for controlling the vegetation. The herbicide was sprayed in large scales and indiscriminate use. Glyphosate replaced atrazine as main herbicide from the early 1990s until today. Small crews walking along tracks apply the herbicide as single plant treatment with knapsack sprayers. Because of increasing discredit of glyphosate in public, Swiss railways decided to search for alternatives to herbicides. A tight goal was defined: within three years, a train running with 40 km/h on track must be able to apply hot water in sufficient quantities for killing the vegetation growing in the ballast and on the sidewalks. In 2018, first attempts were made for applying hot water on a railway tracks out of service. In spring 2019, a prototype of the spray train did its first steps – around 200 km – on open tracks spraying hot water day and night. The technique of the spray train is explained in this paper. Agroscope assessed the effects of hot water treatment compared with glyphosate application and “untreated” on four tracks in the Basel freight yard. The effects on vegetation of four treatments were compared and are presented.

**Keywords:** Hot water, railway, weed control

### Einleitung

Die Vegetation im Gleisbereich beeinflusst seit Beginn des Eisenbahnzeitalters die Qualität des Fahrens auf Schienen. Wurzeln und anderes Pflanzenmaterial schwächt die Belastbarkeit des Schotterers in welchem die Schienen liegen. Pflanzenbewuchs auf dem Gehweg entlang der Schienen bildet zudem ein erhebliches Sicherheitsrisiko für Streckenkontrolleure und alle anderen Personen, die sich entlang der Gleise bewegen müssen. Seit den 1950er Jahren wurden zur Kontrolle der Vegetation im Gleisbereich hauptsächlich Herbizide eingesetzt.

Bis zum Beginn der 1990er Jahre haben die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) und alle Privatbahnen Atrazin zur Kontrolle der Vegetation im Gleisbereich verwendet. Für das Jahr 1985 wurde ein Verbrauch von 13.456 Kilogramm Wirkstoff angegeben. Das Bodenherbizid wurde mittels Spritzzug großflächig und undifferenziert versprüht, eine digitale Unkrauterkenntung war damals unbekannt. In der Folge konnten Spuren von Atrazin und seinen Metaboliten in vielen ober- und unterirdischen Wasserläufen, sogar in Mineralwasserflaschen nachgewiesen werden. Wissenschaftliche Studien hatten ergeben, dass ein großer Teil der Herbizidspuren in

Trinkwasserfassungen von der Anwendung an Bahngeleisen stammten. Die Verwendung von Atrazin an Bahngeleisen endete 1992 mit dem Verbot des Wirkstoffs.

Ab 1989 wurde das Bodenherbizid durch das weniger mobile und ökotoxikologisch weniger problematische Glyphosat ersetzt. Der Verbrauch lag 1989 bei ca. 1.000 kg und stieg Mitte der 1990er Jahre bis ca. 6.000 kg an, als das Atrazin gänzlich durch Glyphosat ersetzt wurde. Für das Jahr 2018 wurde ein Glyphosatverbrauch von ca. 2.200 kg Wirkstoff ausgewiesen. Da Glyphosat nicht bei jedem Wetter ausgebracht werden konnte und die Zugfrequenzen auf allen Linien massiv erhöht worden waren, fiel die Applikation vom Gleis auch aus fahrplantechnischen Gründen weg. Deshalb hatten sich die SBB entschieden, die Glyphosatapplikation an Drittfirmen auszulagern. Diese bringen bis heute das Herbizid mit der Rückenspritze zu Fuß punktgenau aus.

Auf Grund der aktuell weltweiten Bedenken gegen den Einsatz von Herbiziden und Pflanzenschutzmitteln allgemein haben sich die SBB zum Ziel gesetzt, Alternativen für die Vegetationskontrolle im Gleisbereich zu fördern und zu entwickeln.

Die SBB wollen bis 2025 die Vegetation an Strecken und in Bahnhöfen herbizidfrei kontrollieren können. Dazu untersuchen sie gleich mehrere Methoden. Im Bereich von baulichen Maßnahmen werden unter anderem Sickerbetonriegel als Barrieren für die Vegetation im Bankettbereich getestet. Zudem sollen in Randbereichen autonome, mobile Roboter die Vegetation regulieren. Im Fokus steht auch «Elektroherbizid», eine Vegetationskontrolle mittels Hochspannung von Gleich- oder Wechselstrom, welcher durch die Pflanze geleitet wird. Darüber hinaus werden Pflanzenmischungen getestet, die an geeigneten Stellen gezielt ausgesät werden und durch ihre Dichte unerwünschte Pflanzen verdrängen und durch ihren niedrigen Wuchs den Anforderungen an Sicherheit, Unterhalt und Umwelt genügen müssen. Auch sogenannte Bio-Herbizide sollen auf ihre sinnvolle Verwendung an Bahnanlagen untersucht werden. Die Verwendung von Heißwasser zur Vegetationskontrolle soll hier näher vorgestellt werden.

### **Das Heißwasserspritzfahrzeug**

Warum sollte Heißwasser als Glyphosat-Ersatz geeignet sein? Entlang von Bahnstrecken ist im Gleisbereich häufig eine sporadische Vegetation zu finden. Systeme zur Pflanzenerkennung sind in der Lage bei auch bei mittleren Geschwindigkeiten bis rund 40 km/h Vorkommen von Pflanzen zu detektieren. Mit geeigneten auf Bahnwagen aufgebauten Steuersystemen, Ventilen und Düsen können dann diese Pflanzen punktgenau mit heißem Wasser bis 95 °C behandelt werden. Heißes Wasser transportiert ausschließlich Energie in Form von hoher Temperatur, synthetische Stoffe werden nicht benötigt und gelangen nicht in die Umwelt. Der Untergrund im Gleisbereich ist wasserdurchlässig. Die Hitze sollte deshalb auch ein Stück weit in den Bereich Schottersteine eindringen und den Wurzelbereich der Pflanzen treffen können. Das Wasser wird über die Lokomotive mit erneuerbarem Bahnstrom erhitzt. Durch die Logistik über den Schienenweg bestehen keine relevanten Gewichtseinschränkungen, was einerseits höhere Wassermengen pro Flächeneinheit oder andererseits längere Fahrwege ermöglicht.

### **Material und Methoden**

Die SBB haben im Sommer 2018 erste Erfahrungen mit Heißwasserapplikation gemacht und darauf im Winter 2018/19 den Prototyp eines Heißwasserspritzfahrzeugs entwickelt. Die technischen Daten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die Spritzbreite von 4,6 m erlaubt den Großteil des enorm variablen Gleisbereichs abzudecken. Die seitlichen Gehwege liegen jedoch teilweise außerhalb der Reichweite des Versuchsfahrzeugs. Die Geschwindigkeit von 40 km/h erlaubt, das Spritzfahrzeug in der Nacht in den Fahrplan einzubauen und damit eine Heißwasserapplikation vom Gleis aus zu gewährleisten. Die Notwendigkeit der Spritzleistung von 60 l/s soll mit praktischen Erfahrungswerten bestätigt werden. Ziel ist es, so wenig Wasser wie nötig auszubringen. Die Pflanzendetektion ermöglicht punktgenaue Applikation, das heiße Wasser wird in isolierten Zisternenwagen mitgeführt. Das Wasser wird im Vorfeld eines

Spritzeinsatzes mittels Bahnstrom auf bis zu 95 °C erwärmt. Die 116 Düsen sind an zwei Flachwagen – je einer an der Spitze und am Ende des Zuges – angebracht. Bei einer angenommenen Vegetationsdichte von 4 % und einer Applikationsmenge von 10 l/m<sup>2</sup> beträgt der Wasserbedarf 1'300 l und der Energiebedarf 184 kWh pro Kilometer. Bei einer SBB-Netzlänge von 7.600 km entsteht somit ein voraussichtlicher Wasserbedarf von 22.000 m<sup>3</sup> und ein Energiebedarf von 2,2 GWh.

**Tab. 1** Technische Daten der SBB Heißwasserspritzfahrzeug.

**Tab. 1** *Technical specification of the SBB Hot Water Spray Train.*

Spritzbreite	4,6 m	Heizleistung	0,5 MW
Geschwindigkeit	40 km/h	Energieträger	Bahnstrom
Wassertemperatur	95 °C	Pflanzendetektion	Ja (Tag und Nacht)
Spritzleistung	60 l/s	Wassertankvolumen	2 x 60 m <sup>3</sup>
Heißwasser-Leistung	20 MW	Anzahl Düsen	116 (1,5 Zoll)

Nach der Inbetriebsetzung des Prototyps im Mai 2019 wurden erste Testfahrten absolviert. Das Testprogramm umfasste Fahrten bei Nacht auf Strecken im schweizerischen Mittelland in der Gegend von Lenzburg bis Biel mit einer Länge von 175 Kilometern, welche zwei Mal wiederholt wurden. Zudem gab es Behandlungen tagsüber auf einer Linie in das Juragebirge hinein bis an die französische Grenze bei Les Verrières und Behandlungen im Rangierbahnhof Basel bei Muttenz. Diese beiden Strecken wurden drei Mal befahren. Insgesamt ergab sich eine mit Heißwasser behandelte Streckenlänge von etwa 200 km. Im Rangierbahnhof Basel gab es einen Vergleich der Behandlungsmethoden von Heißwasser, Glyphosat und «unbehandelt». In diesem Vergleichsversuch wurde die Wirkung der Behandlungen bonitiert.

Wirkungsvergleich im Rangierbahnhof Basel: Vorgehen

- Vier Gleise waren für den Versuch ausgewählt: Gleis A 4: Glyphosatapplikation, Gleis A 5 und Gleis A 10 Heißwasserbehandlung und Gleis A 11 unbehandelt.
- Entlang der vier ca. 700 m langen Gleise wurden je drei 10 m lange Beobachtungssektoren für die Vegetationsaufnahme bezeichnet, die die Gleisbereiche A (Mitte zwischen den Schienen), B (links und rechts neben den Schienen bis zum Schotterrand) und C (Gehweg rechts und links neben dem Schotter) enthielten.
- Auf den Beobachtungssektoren Schätzung des Prozentanteils der Bodenbedeckung mit abgestorbenem Pflanzenmaterial mit Ausnahme von Moosen und Laub sowie Schätzung des Prozentanteils der Bodenbedeckung mit lebenden Pflanzen.
- Aufnahme der Arten mittels Zählung der Individuen. Vorkommen einer Art > 50 = Zahl der Individuen wurde geschätzt.
- Bei der Zählung wurden die Pflanzen in folgende Kategorien eingeteilt: < 2cm, 2-5 cm, 5-10 cm und > 10 cm je als gesunde Pflanze und als von der Behandlung angeschlagen, aber überlebend.
- Die Bonituren wurden 2019 in einem Zeitraum von 2-3 Wochen vor und nach den Behandlungen durchgeführt:
  - 15. Mai Vegetationsaufnahme
  - 24. Mai erste Heißwasserbehandlung (88 °C), auch Glyphosat
  - 13. Juni Vegetationsaufnahme
  - 01. Juli Vegetationsaufnahme
  - 02. Juli zweite Heißwasserbehandlung (89 °C)
  - 23. Juli Vegetationsaufnahme
  - 25. Sep. dritte Heißwasserbehandlung (82 °C)
  - 07. Okt. Vegetationsaufnahme

## Ergebnisse

Tabelle 2 zeigt die 10 am häufigsten vorkommenden Arten und ihre Gesamtzahl in den bezeichneten Sektoren. Bei der Bonitur wurden hauptsächlich die Gattungsnamen notiert. Bei der letzten Aufnahme wurden sehr viele, sehr kleine Keimlinge gesehen und als «mikro Monokotyledonen und «mikro Dikotyledonen» zusammengefasst, aber nicht in der Tabelle 2 berücksichtigt. Nur in eindeutigen Fällen ist der Artname hinzugefügt. Eine exakte Bestimmung vor Ort wäre im dichten Zugverkehr zu zeitaufwändig gewesen.

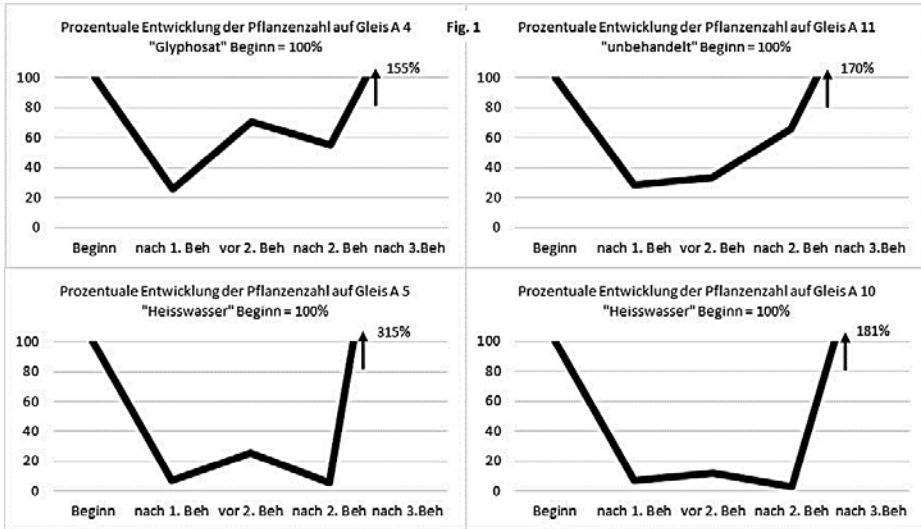
Die Abbildung 1 zeigt zusammengefasst den Verlauf der Gesamtzahl der lebenden Pflanzen, ohne Berücksichtigung der Höhe, pro Gleis während der Beobachtungsperiode. Die angegebenen Pflanzenzahlen je Gleis setzen sich aus dem Durchschnitt der Summen aller Pflanzen aus den drei Beobachtungssektoren zusammen. Dargestellt sind die Ergebnisse in Prozent verglichen mit der zu Beginn erhobenen Pflanzenzahl. Der Verlauf der Kurven vom zweiten Datenpunkt nach der 1. Behandlung bis zum vierten Datenpunkt nach der 2. Behandlung ist auf Gleis A 4 (Glyphosat) und Gleis A 11 («unbehandelt») höher als derjenige auf den Gleisen A 5 und A 10, die mit Heißwasser behandelt wurden. Das bedeutet, dass mit Heißwasser die Gesamtzahl der lebenden Pflanzen niedriger gehalten werden konnte, als auf dem mit Glyphosat behandelten und auf dem unbehandelten Gleis. Der kräftige Anstieg der Pflanzenzahlen zum Abschluss (nach 3. Behandlung) auf allen Gleisen ist auf das massenweise Auftreten von sehr kleinen mono- und dikotylen Keimlingen im Oktober zurückzuführen.

Auf den Gleisen A 5 und A 10 reduziert sich die Bedeckung mit lebenden Pflanzen nach der zweiten Heißwasserbehandlung deutlich (Abb. 2), während sich die Grünbedeckung vor allem in Gleis A 11 «unbehandelt» in den Bereichen der Gehwege (C links und rechts) deutlich vermehrt. Tabelle 3 zeigt den Verlauf der Pflanzenzahlen während der Beobachtungsperiode 2019 auf den vier Gleisen des Basler Rangierbahnhofes von *Geranium robertianum* und *Conyza canadensis*.

**Tab. 2** Liste der am 10 häufigsten vorkommenden Pflanzenarten auf den Beobachtungssektoren 2019 der Geleise A 4, A 5, A 10 und A 11 im Rangierbahnhof Basel (Anzahl = Summe der auf allen Beobachtungssektoren zu allen Zeitpunkten registrierten Individuen).

**Tab. 2** List of the 10 most frequent plant species found in the monitoring area 2019 of the tracks A 4, A 5, A 10 and A 11 of the Basel freight yard (number = total amount of plants registered at all dates in all observation sectors).

Lat. Name	deutscher Name	Anzahl (angenhärt)
<i>Eragrostis</i> sp.	(kleines) Liebesgras	3530
<i>Arenaria</i> sp.	Sandkraut	2180
<i>Geranium robertianum</i>	Stinkender Storchschnabel	1260
<i>Gramineae</i> spp.	Gräser allgemein	1230
<i>Chaenorhinum minus</i>	Kleines Leinkraut	540
<i>Conyza canadensis</i>	Kanadisches Berufkraut	340
<i>Senecio</i> sp.	Greiskraut	340
<i>Euphorbia prostrata</i> ( <i>E. maculata</i> )	Niederliegende Wolfsmilch	280
<i>Lactuca serriola</i>	Kompasslattich	230
<i>Galium</i> sp.	(weißes) Labkraut	170



**Abb. 1** Verlauf der Entwicklung der Anzahl grüner Pflanzen (Mittelwerte von drei Beobachtungssektoren) während der Beobachtungsperiode 2019 auf den Gleisen A 4 (Glyphosat), A 5 und A 10 (Heißwasserbehandlungen) sowie auf Gleis A 11 («unbehandelt») des Basler Rangierbahnhofs. 100 % = Beginn der Vegetationsaufnahmen.

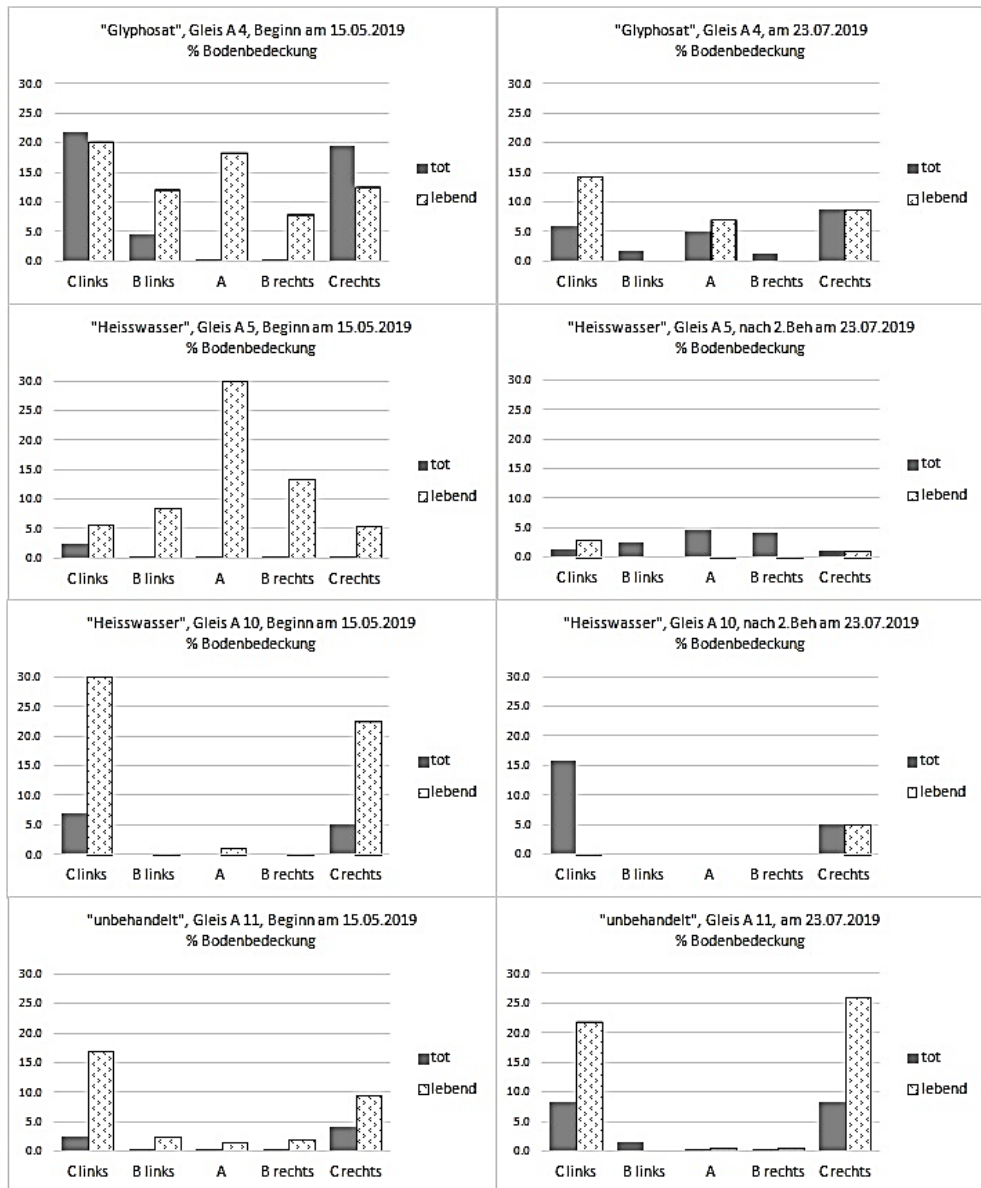
**Fig. 1** Course of total number of green plants (means of three observation sectors) during the observation period 2019 on tracks A 4 (glyphosate), A 5 and A 10 (hot water) and A 11 (untreated) in the Basel freight yard (100% = beginning of observations).

**Tab. 3** Verlauf der Pflanzenzahlen (Mittel aus drei Beobachtungssektoren) von *Geranium robertianum* und *Conyza canadensis* auf vier Gleisen des Basler Rangierbahnhofs 2019.

**Tab. 3** Development of number of plants (mean of three observation sectors) of *Geranium robertianum* and *Conyza canadensis* on 4 tracks of the Basel freight yard in 2019.

	Glyphosat Gleis A 4	Heißwasser Gleis A 5	Heißwasser Gleis A 10	unbehandelt Gleis A 11
<i>Geranium robertianum</i>				
Beginn	282	324	38	55
Nach 1. Behandlung *	231	29	9	54
Vor 2. Behandlung *	23	16	2	16
Nach 2. Behandlung *	76	2	0	5
Nach 3. Behandlung *	46	259	109	46
<i>Conyza canadensis</i>				
Beginn	0	0	0	38
Nach 1, Behandlung *	1	3	7	85
Vor 2. Behandlung *	1	0	3	79
Nach 2. Behandlung *	0	0	2	123
Nach 3. Behandlung *	1	0	2	119

\* = Termin Heißwasserbehandlung



**Abb. 2** Bodenbedeckung (%) mit totem und lebenden Pflanzenmaterial (Mittelwert von drei Beobachtungssektoren) auf den Gleisen A 4 (Glyphosat), A 5 und A 10 (Heißwasserbehandlungen) sowie auf Gleis A 11 («unbehandelt») des Basler Rangierbahnhofs zu Beginn der Vegetationsaufnahmen 2019 und nach der zweiten Heißwasserbehandlung aufgetragen nach Gleisbereichen (A = zwischen den Schienen, B = links und rechts der Schienen bis zum Schotterrand, C = Gehweg links und rechts der Gleise).

**Fig. 2** Ground cover (%) of living and dead plant material (mean of three observation sectors) on tracks A 4 (glyphosate), A 5 and A 10 (hot water) and A 11 (untreated) in the Basel freight yard at the beginning of the vegetation survey 2019 and after the second hot water treatment given according the following zones in track: A= between rails, B= (left/right) from rail to the end of sleepers and C= (left and right) sidewalks.

## Diskussion

Die ersten Pilotversuche mit dem Prototyp des SBB Heißwasserspritzfahrzeugs haben zumindest im Rangierbahnhof Basel vielversprechende Resultate gezeigt. An den Beispielen der Gesamtpflanzenzahl pro behandeltem Gleis (Abb. 1), der Bodenbedeckung von lebendem und totem Pflanzenmaterial (Abb. 2) oder der Beobachtung von einzelnen Pflanzenarten (Tab. 3) lässt sich die Wirkung der Heißwasserbehandlung beschreiben. Dies obwohl die Behandlungen im Sommer 2019 nicht ganz von technischen Kinderkrankheiten wie schwankende Wassertemperatur des neuen Versuchsfahrzeugs verschont worden waren.

Risiken und Nebenwirkungen der Heißwasserbehandlung sehen die SBB vor allem in der Gefährdung von Personen durch das heiße Wasser. Bahntechnikanlagen wie Heißläufer-Festbremsortungsanlagen können gestört oder ausgelöst werden. Es ist bekannt, dass Reptilien und Kleinlebewesen und deren Eiablagen durch Heißwasser getötet oder verletzt werden können. Unkrautbekämpfung ist immer ein Eingriff in die Natur mit unvermeidbaren Nebenwirkungen. Flora und Fauna entlang von Zugstrecken sind letztlich Sekundärelemente. Der Vorteil von Heißwasserbehandlungen liegt darin, dass keine synthetischen Stoffe ausgebracht werden und damit nicht mit einer schleichenden Vergiftung der Umwelt gerechnet werden muss. Eine vorausschauende Ökobilanz weist für die Heißwassermethode (Wasser mit Bahnstrom erhitzt) bei hohem Wirkungsgrad eine geringe Anzahl Umweltbelastungspunkte pro Flächeneinheit und Jahr, verglichen mit der Anwendung von Dampf (155 °C), Mikrowellen oder Abflammen aus.

Das erste Testjahr des Heißwasserspritzfahrzeugs hat gezeigt, dass die Methode gegen einjährige Kräuter und Gräser wirksam ist. Gegen zwei- und mehrjährige Pflanzenarten dürfte der Erfolg weniger einfach zu erreichen sein. Über das Eindringen des heißen Wassers in den Schotter hinein und damit über eine Wurzeleinwirkung ist bisher wenig bekannt. Zudem dürfte es im Fall von verholzenden Pflanzen wie beispielsweise dem Kompasslattich (*Lactuca serriola*) nicht einfach sein, überall mit heißem Wasser zum richtigen Zeitpunkt einzugreifen, bevor diese zu verholzen beginnen.

Die Versuche mit Heißwasserbehandlungen konnten dank finanzieller Unterstützung im Rahmen der Umwelttechnologieförderung durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) und des Bundesamts für Verkehr (BAV) erfolgen.

## Literatur

- MÜLLER C., H. KUPPELWIESER, J.P. METTAUX, 2001: Vegetationskontrolle an Bahnanlagen. Informationsbroschüre SBB, Bundesamt für Umwelt und Bundesamt für Verkehr, Bern, 33 Seiten.
- SBB, SCHEEDER, F., 2019: SBB testen Heißwasser-Unkrautspritzzug. Schweizer Eisenbahn-Revue **8-9** 2019, S. 408-409.
- SBB UND UMWELT, 2006. Informationsbroschüre SBB BahnUmwelt Center, Bern, 16 Seiten.
- TANNER, L., 2019: Heißwasserspritzfahrzeug Prototyp – Unterlagen zur SBB Pressekonferenz vom 28. Juni 2019 in Dänikon, 22 Seiten.