



Aurélie Gfeller, Judith Wirth | 23. Februar 2021

Bericht

Wirkung von Heisswasser auf Pflanzen im Gleisbereich der SBB

Abschlussbericht zur Wirkung von Heisswasser Behandlungen auf Pflanzen im Gleisbereich der SBB aus dem Versuchsjahr 2020



Foto 1: Links: 1 Monat nach der Glyphosat Behandlung. Rechts: nach der 2. Heisswasser Behandlung (30.06.2020).

Inhaltsverzeichnis

1	Methodik	3
1.1	Versuchsplan	3
1.2	Botanische Aufnahmen	3
1.2.1	Auf den Wegen neben den Gleisen	3
1.2.2	Auf dem Ballast	4
1.3	Analyse der Wirksamkeit der HW Behandlungen	4
2	Ergebnisse	5
2.1	Ergebnisse der HW Behandlungen auf den Wegen entlang der Gleise	5
2.1.1	Vegetationsbedeckung	5
2.1.2	Effekte auf grössere Pflanzen	6
2.1.3	Effekte auf Keimlinge	7
2.1.4	Vorhandene Pflanzenarten auf den Wegen neben den Gleisen	7
2.2	Bewertung der Effizienz von Heisswasserbehandlungen auf den Wegen entlang der Gleise	9
2.3	Ergebnisse der HW Behandlungen im Ballast zwischen den Gleisen	9
3	Schlussfolgerungen	10
4	Anhang 1 (Wirksamkeit ausgewählte Pflanzenarten)	12
5	Anhang 2 (Fotos der Zählrahmen und der Gleisabschnitte)	19

1 Methodik

1.1 Versuchsplan

Es gab 4 Versuchsvarianten auf 4 verschiedenen Gleisen in Muttenz (Basel) (Abb. 1):

- Gleis 5 und 10: 3 Heisswasser (HW) Behandlungen (HW1: 30.04.; HW2: 18.06.; HW3: 22.09.2020), HW Behandlung im Jahr 2019.
- Gleis 4: 1 Glyphosat Behandlung, im Jahr 2019 unbehandelt.
- Gleis 11: unbehandelt, im Jahr 2019 mit Glyphosat behandelt.

Technische Daten der HW Behandlungen: 10 l Wasser/m², Temperatur 90-95°C, Geschwindigkeit: circa 15 km/h.

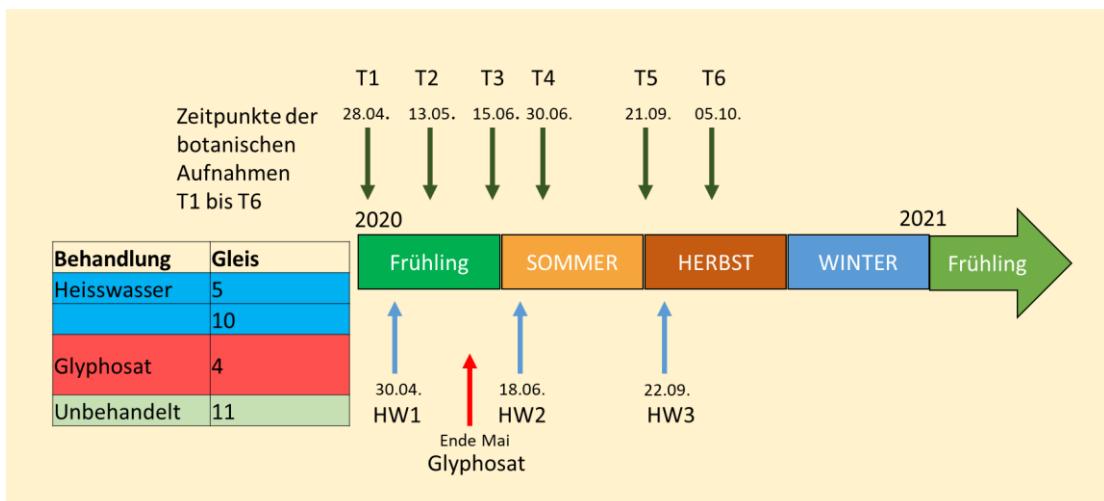


Abbildung 1: Versuchsplan für die HW Behandlungen in Muttenz (Basel) im Sommer 2020.

T1 bis T6 = Daten der Bonituren, HW1 bis HW3 = Daten der HW Behandlungen. Glyphosat = Glyphosat Behandlung.

1.2 Botanische Aufnahmen

Vor und nach jeder HW Behandlung wurde eine Bonitur der vorhandenen Pflanzen auf den Wegen neben den Gleisen und im Ballast durchgeführt (Abb. 2).

1.2.1 Auf den Wegen neben den Gleisen

Basierend auf den im April 2020 (T1) vorhandenen Pflanzen wurden auf den Wegen links von den Gleisen jeweils drei 10 Meter lange Abschnitte ausgewählt. Dabei wurde darauf geachtet, dass möglichst viele verschiedene Pflanzenarten vorhanden waren.

- In einem ersten Schritt wurden alle Pflanzen innerhalb der 10 Meter langen Abschnitte gezählt und bestimmt (in Anlehnung an die Arbeiten von C. Bohren 2019).
- Zusätzlich wurden in jedem 10-Meter-Abschnitt 3 Zählrahmen (0,25m²) positioniert (9 Rahmen pro Gleis) und die Stellen markiert. Somit konnten während der ganzen Vegetationsperiode immer an den gleichen Orten innerhalb der Rahmen alle vorhandenen Pflanzen gezählt und bestimmt werden. Dabei wurde unterschieden zwischen
 - Keimlingsstadium, d.h. ein oder zwei Blätter (Anzahl Jungpflanzen/m², Abb. 5) und
 - grösseren Pflanzen, d.h. ab drei Blätter (Anzahl Pflanzen/m², Abb. 4).

Alle Zählrahmen wurden bei jeder Bonitur einzeln fotografiert. Anschliessend wurde mit der CANOPEO-Bildanalysesoftware der Prozentsatz grüner Pixel auf den Fotos berechnet, um eine Schätzung der Pflanzenbedeckung durch lebende Pflanzen zu erhalten (Vegetationsbedeckung/m² in %, Abb. 3).

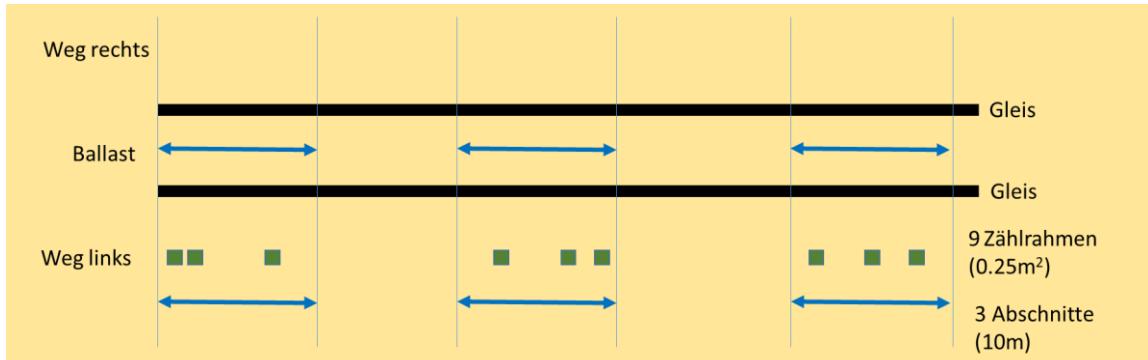


Abbildung 2: Darstellung der Vorgehensweise bei den botanischen Erhebungen.

1.2.2 Auf dem Ballast

Zusätzlich zu den Bonituren in den Zählrahmen wurden die vorhandenen Pflanzen jeweils 3 10 Meter langen Abschnitten auf dem Ballast bestimmt und gezählt.

1.3 Analyse der Wirksamkeit der HW Behandlungen

Bei der Berechnung der Wirksamkeit der HW und Glyphosat Behandlungen orientieren wir uns an der Berechnung der Wirksamkeit von Herbiziden. Die am häufigsten verwendete Formel zur Bewertung eines Herbizids (Henderson-Tilton-Formel) berücksichtigt die Entwicklung der Flora einer unbehandelten Kontrollfläche.

Henderson-Tilton-Formel:

Wirkung % = $(1 - (\text{Anzahl Pflanzen Gleis 11 vor der Behandlung} * \text{Anzahl Pflanzen im behandelten Abschnitt nach der Behandlung}) / \text{Anzahl Pflanzen Gleis 11 nach der Behandlung} * \text{Anzahl Pflanzen im behandelten Abschnitt vor der Behandlung})) * 100$

Anzahl Pflanzen Tabelle 1 = Summe aller grösseren Pflanzen in den 9 Zählrahmen neben den Gleisen (Tabelle 4, Daten 2020)

Anzahl Pflanzen Tabelle 2 = Summe aller Pflanzen in den beobachteten 10 Meter langen Gleisabschnitten (Tabelle 5, Daten Christian Bohren 2019)

Die errechnete Wirkung kann anschliessend mit unterschiedlichen Klassen von 1 bis 10 (sehr gut bis keine Wirkung) beurteilt werden (Tabelle 1).

In der Tat könnte die Flora einer unbehandelten Parzelle aufgrund besonderer klimatischer Bedingungen auf die gleiche Weise abnehmen wie die der behandelten Parzelle, oder die Flora könnte nach der Behandlung spontan stark zunehmen, ohne dass eine mit der Behandlung zusammenhängende Ursache vorliegt, was die Wirkung der Behandlung überdecken würde.

Klasse	Wirkung (%)	Beurteilung
1	100	sehr gut
2	99,9 – 98	sehr gut
3	97,9 – 95	gut bis sehr gut
4	94,9 – 90	gut
5	89,9 – 82	unter Umständen akzeptabel
6	81,9 – 70	mittelmässig
7	69,9 – 55	schlecht
8	54,9 – 30	sehr schlecht
9	29,9 – 0	keine Wirkung

Tabelle 1: Klasseneinteilung und Beurteilung je nach Wirkung (%).

2 Ergebnisse

2.1 Ergebnisse der HW Behandlungen auf den Wegen entlang der Gleise

2.1.1 Vegetationsbedeckung

Für das unbehandelte **Gleis 11** variiert die Vegetationsbedeckung zwischen den verschiedenen Zeitpunkten zwischen 4 und 10% und die Werte sind zu den Zeitpunkten T4 und T6 maximal (Abb. 3).

Es ist zu erkennen, dass die Anwendung von Glyphosat auf **Gleis 4** zwischen T2 und T3 die Vegetationsbedeckung drastisch von 6 auf 1% verringerte (p-Wert 0,02; Studententest). Dann stieg die prozentuale Vegetationsbedeckung von T3 bis T6 auf 7,5% an, da keine weitere Glyphosat Behandlung durchgeführt wurde.

Die erste HW Behandlung auf **Gleis 5** verringerte die Vegetationsbedeckung signifikant (p-Wert 0,04; Studententest zwischen T1 und T2). Nach der zweiten und dritten HW Behandlung wurden keine signifikanten Unterschiede in der Vegetationsbedeckung beobachtet, da die Vegetationsbedeckung vor den Behandlungen (T3 und T5) nahe bei 0 lag. Die zweite und dritte HW Behandlung waren in diesem Fall wahrscheinlich nutzlos.

Auf **Gleis 10** war die anfängliche Vegetationsbedeckung (T1) mit 10% höher als auf Gleis 5 (4%). Die erste und zweite HW Behandlung verringerten die Vegetationsbedeckung signifikant. Obwohl die Vegetationsbedeckung auch nach der 3. HW Behandlung zurückgeht, ist diese Abnahme nicht signifikant.

Angesichts der der Tatsache, dass es drei aufeinanderfolgende HW Behandlungen und nur eine Glyphosat Behandlung, zu einem anderen Zeitpunkt als die HW Behandlung gab, ist ein vollständiger Vergleich der Wirksamkeit der HW und Glyphosat Behandlungen nicht möglich. Zusammenfassend lässt sich jedoch sagen, dass das Ergebnis der HW Behandlung mit der Glyphosat Behandlung vergleichbar ist. Es bleibt abzuwarten, ob die 2. HW Behandlung notwendig ist oder nicht bzw. ob eine visuelle Bewertung ein Entscheidungskriterium für die Planung der jährlichen HW Behandlung sein könnte. Hierzu müssen weitere Versuche durchgeführt werden.

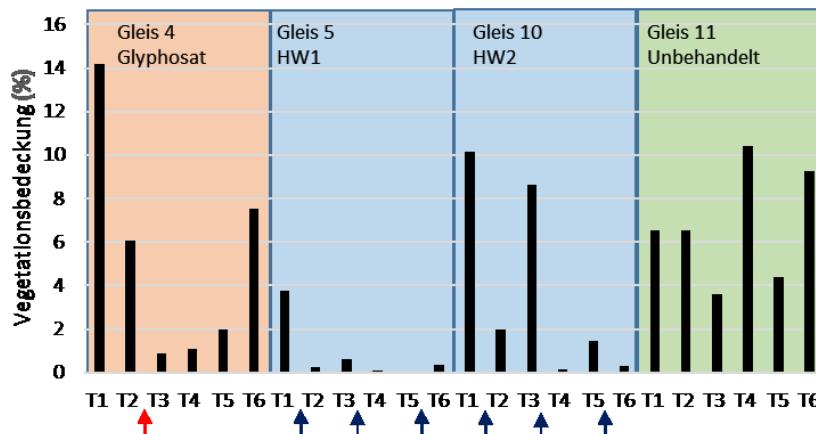


Abbildung 3: Die Vegetationsbedeckung im Verlauf des Sommers 2020.

Bodenbedeckung mit lebenden (grünen) Pflanzen in Prozent, ermittelt mit der CANOPEO-Bildanalysesoftware basierend auf Fotos der Zählrahmen. N=9. Die HW Behandlungen (blaue Pfeile) wurden am 30.04., 18.06. und 22-25.09. durchgeführt. Die Glyphosat Behandlung (roter Pfeil) wurde Ende Mai durchgeführt. Die Vegetationsbedeckungen wurden an den folgenden Daten ermittelt (T1: 28.04.; T2: 13.05.; T3: 15.06.; T4: 30.06.; T5: 21.09.; T6: 05.10.).

2.1.2 Effekte auf grössere Pflanzen

Die Anzahl der grösseren Pflanzen (nach Keimlingsstadium) nahm auf dem unbehandelten **Gleis 11** während der Saison, insbesondere im September-Oktober, kontinuierlich bis auf 347 Pflanzen/m² zu. Gleis 11 hatte zum Zeitpunkt T1 die wenigsten Pflanzen (24 Pflanzen/m²) (Abb. 4).

Die Anzahl der Pflanzen auf **Gleis 4** nahm nach der Glyphosat Behandlung zwischen T2 und T3 deutlich ab (6 Pflanzen/m²) und stieg dann im September und Oktober bis auf 132 bzw. 97 Pflanzen/m² stark an.

Bei **Gleis 5** nahm die Anzahl der Pflanzen nach der ersten HW Behandlung deutlich ab und blieb dann für den Rest der Saison sehr niedrig. Bei **Gleis 10** verringerte die 1., 2. und 3. Behandlung die Anzahl der Pflanzen signifikant.

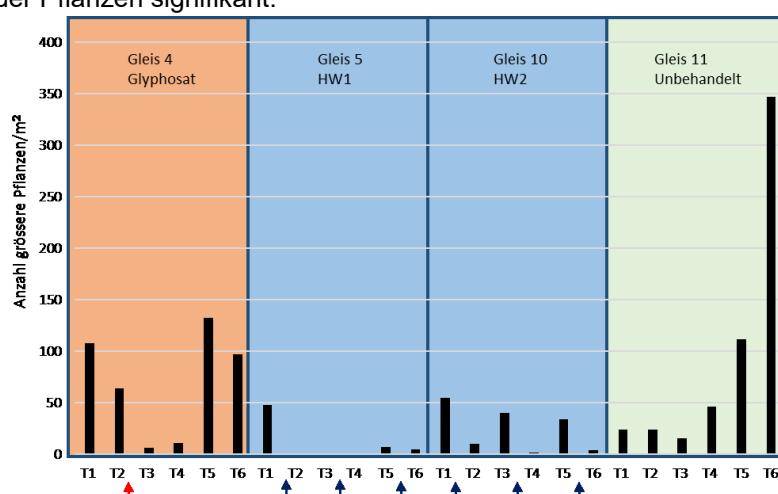


Abbildung 4: Pflanzendichte im Verlauf des Sommers 2020 auf den Wegen neben den Gleisen. Anzahl der vorhandenen grösseren Pflanzen an den unterschiedlichen Boniturdaten (T1 bis T6) pro m² in den Zählrahmen. N=9. Die HW Behandlungen (blaue Pfeile) wurden am 30.04., 18.06. und 22-25.09. durchgeführt. Die Glyphosat Behandlung (roter Pfeil) wurde Ende Mai durchgeführt. Die Vegetationsbedeckungen wurden an den folgenden Daten ermittelt (T1: 28.04.; T2: 13.05.; T3: 15.06.; T4: 30.06.; T5: 21.09.; T6: 05.10.).

2.1.3 Effekte auf Keimlinge

Die Keimlinge wurden in den Zählrahmen separat erfasst. Als Keimlinge betrachteten wir alle Pflanzen, deren Entwicklungsstadium sich im Keimblattstadium befand oder bei denen nur das erste Blatt sichtbar war, was bei einem dichten Bewuchs nicht immer leicht zu bestimmen ist.

Das Erscheinen dieser Keimlinge hängt stark von den Witterungsbedingungen ab. Regen in Verbindung mit einer wärmeren Periode fördert die Keimung, aber auch auf nacktem Boden haben die Samen bessere Bedingungen, um zu keimen und sich zu entwickeln, als in einem Gebiet, in dem bereits gut etablierte Pflanzen vorhanden sind.

Auf dem unbehandelten **Gleis 11** wurden nur wenige Keimlinge beobachtet, da bereits viele gut entwickelte Pflanzen vorhanden waren (Abb. 5).

Auf **Gleis 4** erschienen die Keimlinge verstärkt nach der Glyphosat-Behandlung, die den Boden pflanzenfrei ließ. Zum Zeitpunkt T5 waren die meisten Pflanzen gerade über das Keimlingsstadium hinaus, und zum Zeitpunkt T6 waren sehr viele (773) neue Keimlinge erschienen.

Auf **Gleis 5** wurden nur sehr wenige Keimlinge beobachtet. Dafür gibt es mehrere mögliche Erklärungen: entweder befanden sich nur wenige Samen im Boden, oder die Bedingungen auf diesem Gleis waren weniger ideal für die Keimung von Samen (weniger organische Substanz), oder diese Beobachtung ist eine Folge der HW Behandlung von Gleis 5 im Jahr 2019 welche direkt oder indirekt zum Rückgang des Samenvorrats im Boden beigetragen haben könnten. Im Vergleich zu Gleis 4, das im Jahr 2019 überhaupt nicht behandelt wurde, kann davon ausgegangen werden, dass der Samenvorrat auf Gleis 5 geringer ist. Für **Gleis 10** ergeben sich die gleichen Schlussfolgerungen wie für Gleis 5, trotz des Vorhandenseins von insgesamt mehr Keimlingen (bis zu 183 T3). Am Ende des Versuchs zum Zeitpunkt T6 war die Anzahl der Keimlinge fast null (4).

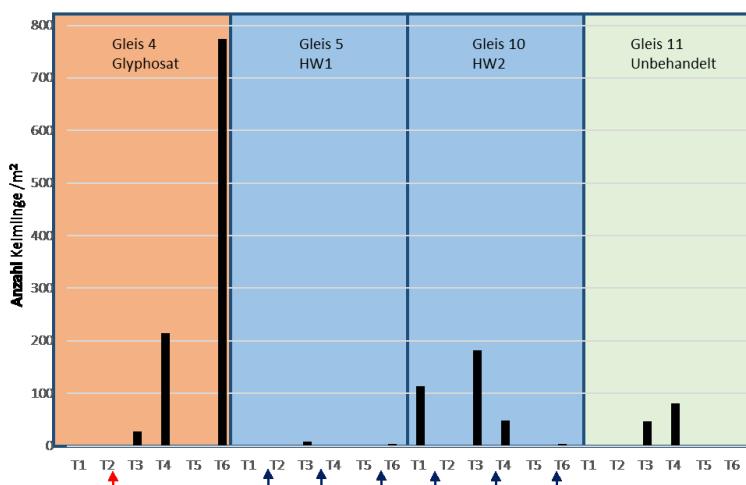


Abbildung 5: Pflanzendichte im Verlauf des Sommers 2020 auf den Wegen neben den Gleisen. Anzahl der vorhandenen Keimlinge an den unterschiedlichen Boniturdaten (T1 bis T6) pro m² in den Zählrahmen. N=9. Die HW Behandlungen (blaue Pfeile) wurden am 30.04., 18.06. und 22-25.09. durchgeführt. Die Glyphosat Behandlung (roter Pfeil) wurde Ende Mai durchgeführt. Die Vegetationsbedeckungen wurden an den folgenden Daten ermittelt (T1: 28.04.; T2: 13.05.; T3: 15.06.; T4: 30.06.; T5: 21.09.; T6: 05.10.).

2.1.4 Vorhandene Pflanzenarten auf den Wegen neben den Gleisen

Es wurden 25 verschiedene Pflanzenarten auf den Wegen neben den Gleisen in den Zählrahmen bestimmt und gezählt (Tabelle 2). Es wurden nur die Pflanzenarten in den Analysen berücksichtigt, die mindestens 1x auf den Gleisen 5 und 10 präsent waren. Zudem wurden die vorhandenen Pflanzenarten

in den jeweils drei 10 Meter langen Abschnitten auf den Wegen neben den Gleisen zu den unterschiedlichen Zeitpunkten T1 bis T6 bestimmt (Tabelle 3).

Lateinischer Name	deutscher Name
<i>Acer campestre</i>	Feldahorn
<i>Amaranthus sp.</i>	Amarant*
<i>Antirrhinum sp.</i>	Löwenmäulchen
<i>Arenaria sp.</i>	Sandkräuter*
<i>Berteroa incana</i>	Graukresse
<i>Chaenorhinum rubrifolium</i>	
<i>Chenopodium sp.</i>	Gänsefüsse
<i>Crepis sp.</i>	Pippau*
<i>Digitaria sp.</i>	Fingerhirsen*
<i>Erodium sp.</i>	Reiherschnäbel*
<i>Euphorbia sp.</i>	Wolfsmilch
<i>Geranium robertianum</i>	stinkender Storchschnabel*
<i>Medicago lupulina</i>	Hopfenklee*
<i>Mercurialis annua</i>	einjähriges Bingelkraut
<i>Oenothera biennis</i>	Gemeine Nachtkerze
<i>Panicum sp.</i>	Rispenhirsen*
<i>Papaver rhoeas</i>	Klatsch Mohn
<i>Picris sp.</i>	Bitterkräuter
<i>Sedum sp.</i>	Dickblattgewächse
<i>Senecio sp.</i>	Kreuzkräuter*
<i>Setaria sp.</i>	Borstenhirsen*
<i>Sonchus arvensis und asper</i>	Gänsedisteln*
<i>Stellaria media</i>	Vogelmiere
<i>Taraxacum officinale</i>	Löwenzahn*
<i>Veronica sp.</i>	Ehrenpreis

Tabelle 2: Vorhandene Pflanzenarten auf den Wegen neben den Gleisen in den Zählrahmen.

Es wurden nur die Pflanzen in die Analysen aufgenommen, die mindestens 1x im Gleisbereich 5 und 10 vorkamen. Zu den mit einem * versehene Pflanzen befinden sich Abbildungen im Anhang 1. Die Pflanzenarten in **roter Farbe** waren am Ende Vegetationsperiode noch auf den Gleisen vorhanden.

Gleis	Beh.	Anzahl Pflanzenarten an den 6 Boniturdaten						Verbleibende Arten bei T6 auf Gleis 5 und 10
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	
5	HW1	10	4	5	1	5	4	<i>Geranium robertianum; Amaranthus bitoides; Chaenorhinum rubrifolium; Taraxacum officinale</i>
10	HW2	14	10	11	6	12	4	<i>Geranium robertianum; Erodium sp.; Crepis sp.; Acer campestre</i>
11	-	17	10	10	13	23	21	-
4	Gly	16	16	5	10	20	13	-

Tabelle 3: Vorhandene Pflanzenarten auf den Wegen neben den Gleisen innerhalb der 10 Meter langen Zonen. Es wurden alle Pflanzenarten aufgenommen, die auf den vier unterschiedlichen Gleisbereichen vorkamen.

2.2 Bewertung der Effizienz von Heisswasserbehandlungen auf den We- gen entlang der Gleise

2020 variierte die Effizienz der einzelnen Behandlungen zwischen 77,2 und 99,5% (Tabelle 4), was uns erlaubt, sie von mittelmäßig bis sehr gut einzustufen (nach Tabelle 1). Es ist anzumerken, dass bei den niedrigsten Wirkungsgraden die Anzahl der Unkräuter vor der Behandlung fast bei null lag und daher die Stichprobe für eine genaue Auswertung zu klein war. Wenn wir uns die kumulative Wirkung der ersten beiden Behandlungen und der drei Behandlungen ansehen, können wir sagen, dass sie nach den europäischen Standards zur Bewertung von Herbizid Behandlungen sehr gut ist.

Wenn man die Wirkung der 1. und 2. HW aus dem Jahr 2020 mit der Wirkung im Jahr 2019 (Tabelle 5) vergleicht, sieht man, dass die Wirkung 2020 etwas besser war (82.7 bis 97.2%) als 2019 (74.8 bis 88.1%). Die 3. HW Behandlung wurde im Jahr 2019 nicht vollständig evaluiert und kann daher nicht berechnet werden. Die Glyphosat Behandlung 2019 wurde nicht korrekt durchgeführt. Die niedrige Wirkung ist daher nicht aussagekräftig.

	Wirkungsgrad zwischen T1 und T2	Wirkungsgrad zwischen T3 und T4	Wirkungsgrad zwischen T1 und T4	Wirkungsgrad zwischen T5 und T6	Wirkungsgrad zwischen T1 und T6
	Effekt der 1. HW Behandlung	Effekt der 2. HW Behandlung	Nach 2 HW Behandlungen	Effekt der 3. HW Behandlung	Nach 3 HW Behandlungen
HW Gleis 5	97.2	82.7	99.5	77.2	99.2
HW Gleis 10	80.5	98.5	98.3	96.2	99.5
Glyphosat Gleis 4			94.6		

Tabelle 4: Effizienz (%) der Glyphosat und HW Behandlungen (EWRC) in Muttenz 2020.

Berechnet nach Henderson-Tilton.

	Wirkungsgrad zwischen T1 und T2	Wirkungsgrad zwischen T3 und T4
	Effekt der 1. HW Behandlung	Effekt der 2. HW Behandlung
HW Gleis 5	74.8	88.1
HW Gleis 10	75.9	87.2
Glyphosat Gleis 4	9.6	

Tabelle 5: Effizienz (%) der Glyphosat und HW Behandlungen (EWRC) in Muttenz 2019 (Daten von Christian Bohren). Berechnet nach Henderson-Tilton.

2.3 Ergebnisse der HW Behandlungen im Ballast zwischen den Gleisen

Auf jeweils drei 10 Meter langen Abschnitten auf dem Ballast zwischen den Gleisen (siehe Abb. 2) wurden alle vorhandenen Pflanzen an den sechs Boniturdaten (T1 bis T6) bestimmt und gezählt. Es waren allerdings nur Geranium und einige wenige (<5) Rapspflanzen vorhanden. Zwischen den 4 Gleisabschnitten konnten keine Unterschiede zwischen den Behandlungen festgestellt werden (Abb. 8). Die vorhandenen Pflanzen befanden sich sehr dicht an den Gleisen und wurden von den HW Behandlungen nicht erfasst. Geranium Pflanzen sind einjährig mit einem kurzen Vegetationszyklus deren Entwicklung auf den Gleisen stark eingeschränkt ist (maximale Höhe 20-25 cm).

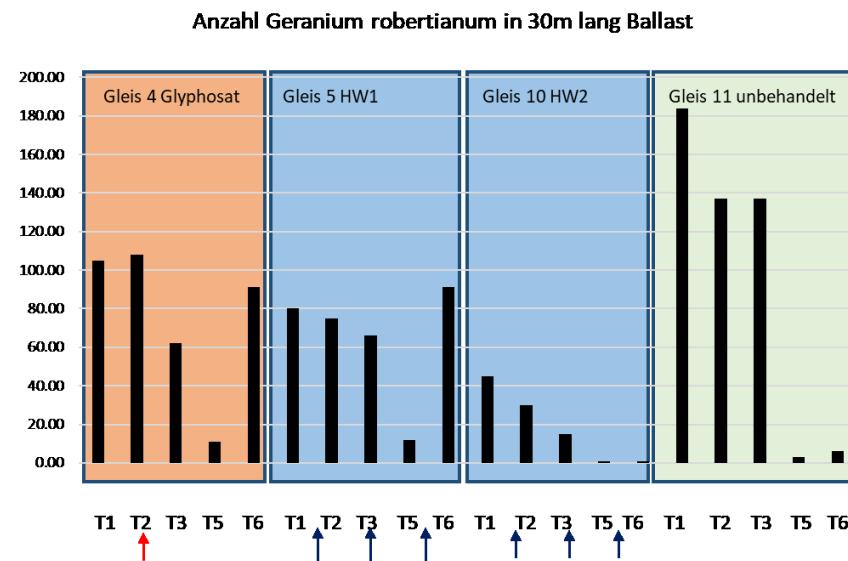


Abbildung 8: *Geranium robertianum* im Verlauf des Sommers 2020 auf dem Ballast zwischen den Gleisen.
 Anzahl der vorhandenen *Geranium robertianum* an den unterschiedlichen Boniturdaten (T1 bis T6). N=9. Die HW Behandlungen (blaue Pfeile) wurden am 30.04., 18.06. und 22-25.09. durchgeführt. Die Glyphosat Behandlung (roter Pfeil) wurde Ende Mai durchgeführt. Die Vegetationsbedeckungen wurden an den folgenden Daten ermittelt (T1: 28.04.; T2: 13.05.; T3: 15.06.; T5: 21.09.; T6: 05.10.).

3 Schlussfolgerungen

Wir konzentrieren unsere Analyse auf die Daten aus den 0.25 m² grossen Zählrahmen (grössere Pflanzen und Keimlinge), weil es möglich war, die Entwicklung jeder einzelnen Pflanze zu verfolgen und Fotos zu machen. Außerdem kann die Anzahl der Keimlinge in einem eingegrenzten Bereich besser ermittelt werden.

Die geplanten Erhebungen auf den 10-Meter-Abschnitten der Wege waren aufgrund der sehr großen Anzahl der zu zählenden Pflanzen nicht korrekt durchführbar. Es waren sehr viele winzige Keimlinge über grosse Flächen vorhanden, die nicht alle korrekt erfasst werden konnten. Die Daten aus den Zählrahmen repräsentieren die einzelnen Gleisabschnitte sehr gut und sind zur Beurteilung der Behandlungen ausreichend (Abb. 3, 4, 5 und Tabelle 2). Aus diesem Grund präsentieren wir nur teilweise die Daten, die auf den gesamten 10m Abschnitten der Wege (Tabelle 3) und im Ballast (Abb. 8) gesammelt wurden

Die HW Behandlungen konnten die Pflanzen auf den Bahngleisen in Muttenz erfolgreich bekämpfen. Der Wirkungsgrad des HW variierte je nach Behandlungszeitraum zwischen 77,2 und 99,5 (Tabelle 4). Die niedrigsten Werte wurden beobachtet, wenn sich vor der Behandlung nur wenige Pflanzen auf den Spuren befanden, z. B. bei der 2. und 3. Behandlung auf Gleis 5. Der Wirkungsgrad der ersten Behandlung auf Gleis 10 (80,5) ist nur mittelmässig (Klasse 6). Wir haben keine Erklärung dafür, vielleicht liegt es an einem technischen Problem während der HW-Behandlung, denn die 2. Behandlung war zu 98,5% (Klasse 2) effizient.

Auf den Gleisen 5 und 10 waren nach den 3 HW Behandlungen nur noch 7 Arten vorhanden (Tabelle 3) und wir haben auf 60 m Gleis (30 m auf Gleis 5 und 30 m auf Gleis 10) nur noch 30 lebende Pflanzen gezählt, während es zum Zeitpunkt der ersten Erhebung noch über tausend waren.

Unter den 7 Arten war

- *Geranium robertianum* (Stinkender Storzschnabel) am häufigsten vertreten (Abb. 8 und 9, Foto 2). Es handelt sich um eine einjährige Pflanze, deren Größe zwischen 10-50 cm Höhe variiert. Auf den Gleisen waren die grössten Individuen lediglich 20 cm hoch. Im Jahr 2019

wurde auch beobachtet, dass die HW Behandlungen nur eine Teilwirkung auf den Storhschnabel haben.



Foto 2: *Geranium robertianum*. links Gleis 10 (HW) vor der ersten Behandlung 28.04.2020 (T1), rechts Gleis 5 (HW) nach der ersten HW Behandlung 13.05.2020 (T2).

- *Amaranthus blitoides* (Abb. 10) ist eine einjährige Pflanze. Die beobachteten Individuen waren alle weniger als 10 cm hoch, was sehr klein ist.
- *Chaenorhinum rubrifolium* (schwer zu identifizieren) ist eine kleine Pflanze und wurde nur selten auf den Wegen beobachtet. Ein Individuum überlebte bis zum Ende des Versuchs.
- *Erodium sp*, eine kleine einjährige Pflanze, überlebte ebenfalls (Abb. 11).
- Pflanzen der Gattung *Crepis* sp sind ebenfalls kleine ein- oder zweijährige Pflanzen von denen einige bis zum Ende des Versuchs überlebten (Abb. 12).
- *Taraxacum officinale*: Kleine Pflanzen konnten durch HW erfolgreich behandelt werden. Einige grössere Pflanzen haben die Behandlungen jedoch überlebt (Abb. 16 und Zeile 1 in Foto 4 im Anhang1). Es war nicht immer möglich *Crepis* sp und *Taraxacum officinale* voneinander zu unterscheiden, da ihre Morphologie auf dem Ballast sehr ähnlich ist und anders als auf Wiesen und Feldern.
- Die einzige verholzte Art die erfasst wurde war *Acer campestre*, der Feldahorn (Foto 3). Wie bei allen mehrjährigen verholzenden Pflanzen ist ihr Vorkommen im Vergleich zu einjährigen Pflanzenarten selten, aber sie sind schwieriger zu behandeln, sobald sie größer sind und die Stämme verholzen. Ein Individuum des Feldahorns war zu Beginn des Versuchs (T1) auf Gleis 10 vorhanden und gut entwickelt (Foto 3 links). Die Pflanze wurde durch die HW Behandlungen nicht beseitigt, aber nach unserer Erfahrung würde ein Individuum dieser Größe auch durch eine Glyphosat Behandlung nicht beseitigt werden. Allerdings wurden am 15. Juni vor der 2. HW Behandlung 3 sehr junge Feldahorn Pflanzen erfasst, die durch die HW Behandlung bekämpft werden konnten.



Foto 3: *Acer campestre* auf Gleis 10 vor den HW Behandlungen am 28.04.2020 (links) und nach der 3. HW Behandlung am 05.10.2020.

Generell ist zu beachten, dass kleine Pflanzen durch Steine im Schotter oder Weg geschützt der Behandlung entgangen sein können.

Die auf den Gleisen vorhandene Flora ist das Ergebnis der in den Vorjahren durchgeföhrten Unkrautbekämpfung und wir können derzeit nicht sagen, wie sich die HW Behandlungen auf die vorhandene Flora auf den Gleisen über einen längeren Zeitraum auswirken wird. Es war daher bisher nicht möglich, Pflanzenarten zu identifizieren, die bei der fortlaufenden Bekämpfung mit HW problematisch werden könnten. Diese Frage kann erst nach mehrjährigen Beobachtungen beantwortet werden.

Es scheint unwahrscheinlich, dass HW Behandlungen das Entstehen neuer Pflanzen fördern. Wir können die biologischen Ursachen nicht erklären, aber die Ergebnisse zeigen kein verstärktes Keimlingsaufkommen nach den HW Behandlungen. Es wären jedoch mehr Erfahrungen mit unterschiedlichen Klima- und Wasserbedingungen nötig, um mit Sicherheit sagen zu können, dass HW die Keimung nicht stimuliert.

Die HW-Behandlung scheint eine gute Alternative zum Einsatz von Glyphosat für die Pflanzenbekämpfung auf Gleisen zu sein, da die über das Jahr 2020 gemessenen Wirksamkeiten den von den Fachausschüssen für die Zulassung von Herbiziden geforderten Standards entspricht. Sie sind höher als im Jahr 2019, was mit einer Verbesserung des Düsensystems und günstigeren klimatischen Bedingungen für HW Behandlungen zusammenhängen könnte. Nur durch die Wiederholung des Prozesses auf den gleichen Strecken über mehrere Jahre können mögliche Lücken Indikationen (Pflanzen die nicht erfolgreich bekämpft werden können) der HW Behandlung erkannt werden.

4 Anhang 1 (Wirksamkeit ausgewählte Pflanzenarten)

Im Folgenden ist die Anzahl der vorhandenen lebenden Pflanzen (Keimlinge und größere Pflanzen) pro Gleisabschnitt (Summe der 9 Zählrahmen) auf dem jeweiligen linken Weg neben den Gleisen zu den unterschiedlichen Zeitpunkten der Bonitierungen (T1 bis T6) dargestellt. Die HW Behandlungen (blaue Pfeile) wurden am 30.04., 18.06. und 22-25.09. durchgeföhr. Die Glyphosat Behandlung (roter Pfeil) wurde Ende Mai durchgeföhr. Die Vegetationsbedeckungen wurden an den folgenden Daten ermittelt (T1: 28.04.; T2: 13.05.; T3: 15.06.; T4: 30.06.; T5: 21.09.; T6: 05.10.).

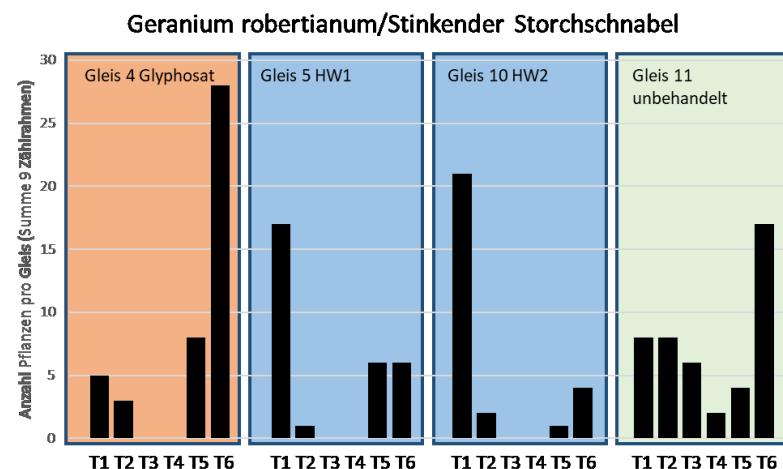


Abbildung 9 : Geranium robertianum

Diese Pflanzenart ist neben den Gleisen 5 und 10 nach der 3. HW Behandlung zum Zeitpunkt T6 effektiver bekämpft als neben Gleis 4 und der unbehandelten Kontrolle. Die 1. HW Behandlung war sehr wirksam

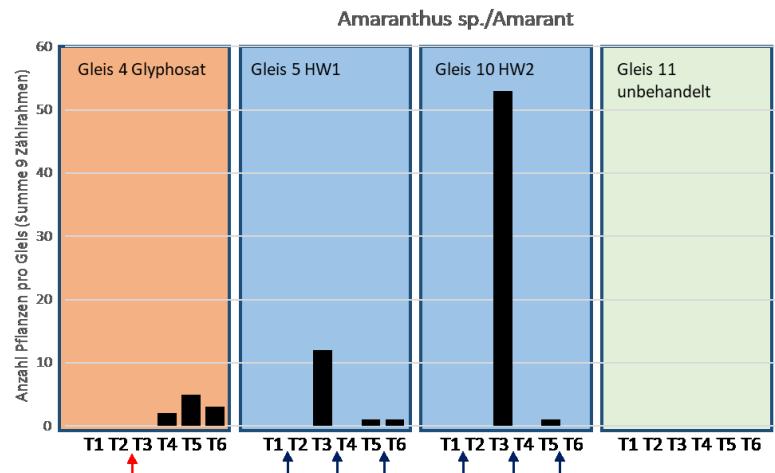


Abbildung 10: Amaranthus sp.

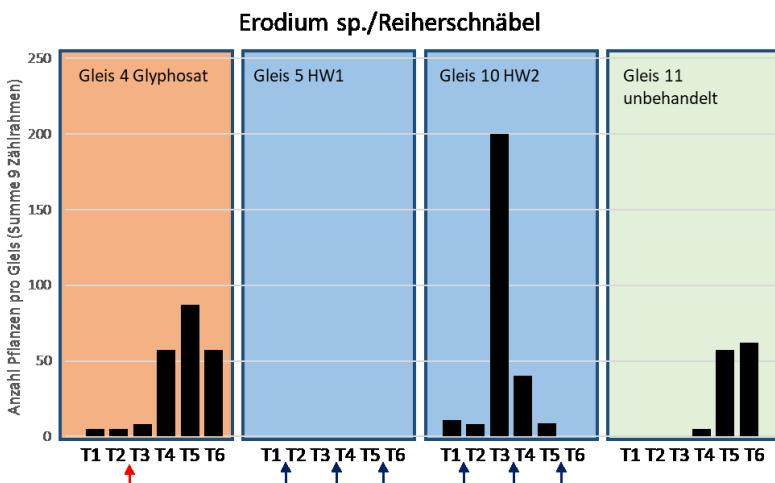


Abbildung 11: Erodium sp.

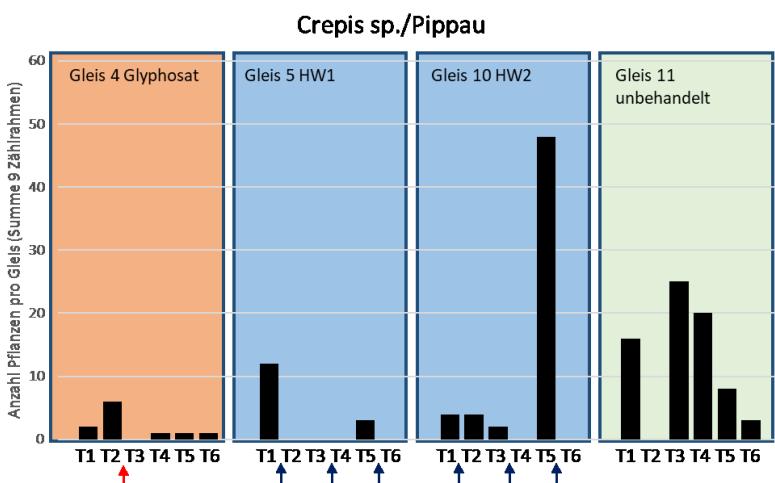


Abbildung 12 : Crepis sp.

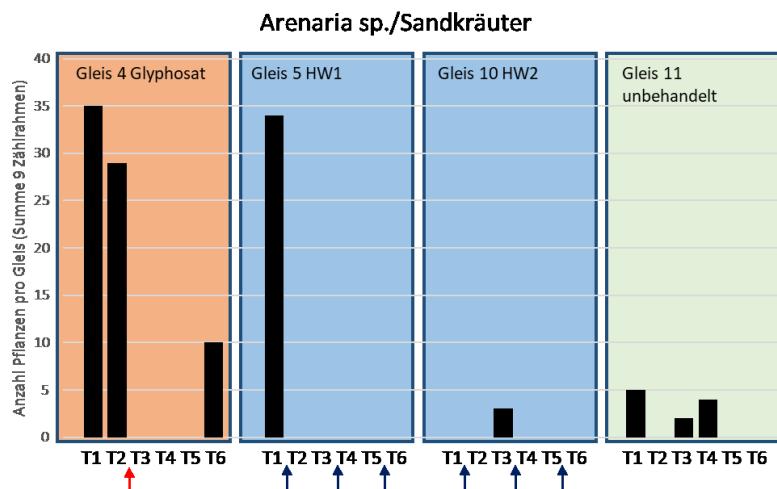


Abbildung 13 : Arenaria sp.

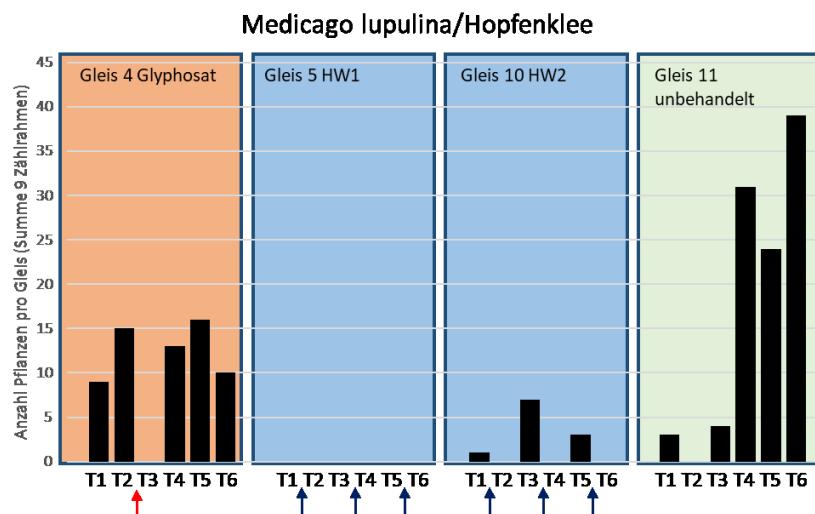


Abbildung 14 : Medicago lupulina

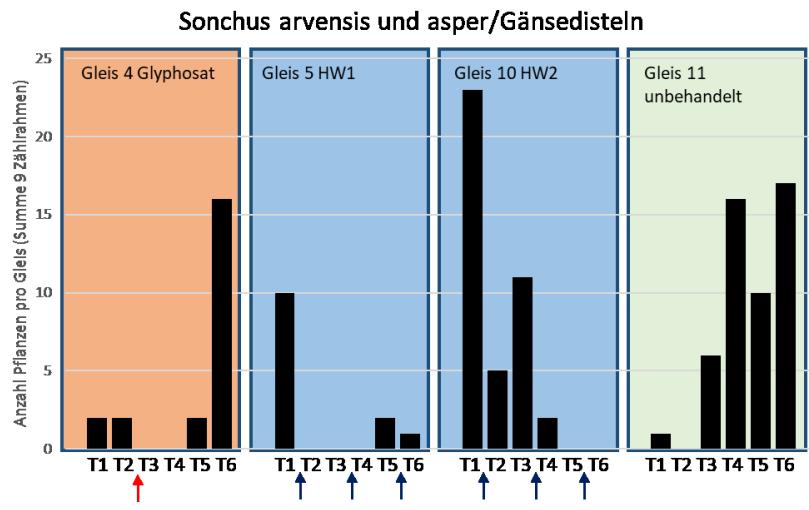


Abbildung 15: Sonchus sp.

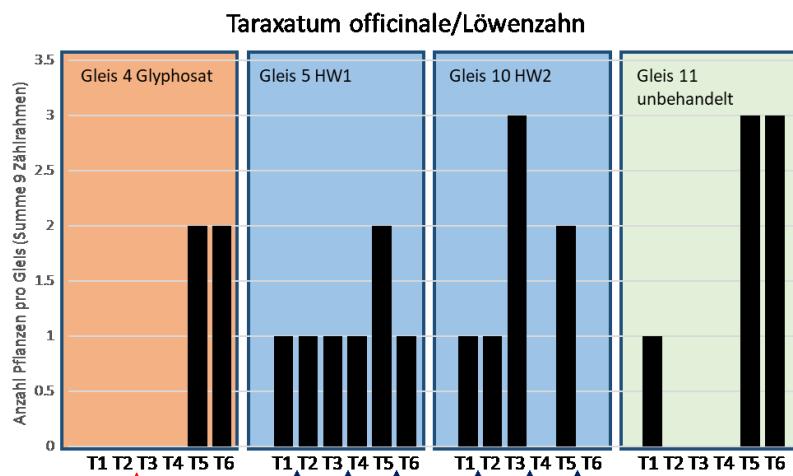


Abbildung 16: Taraxacum officinale

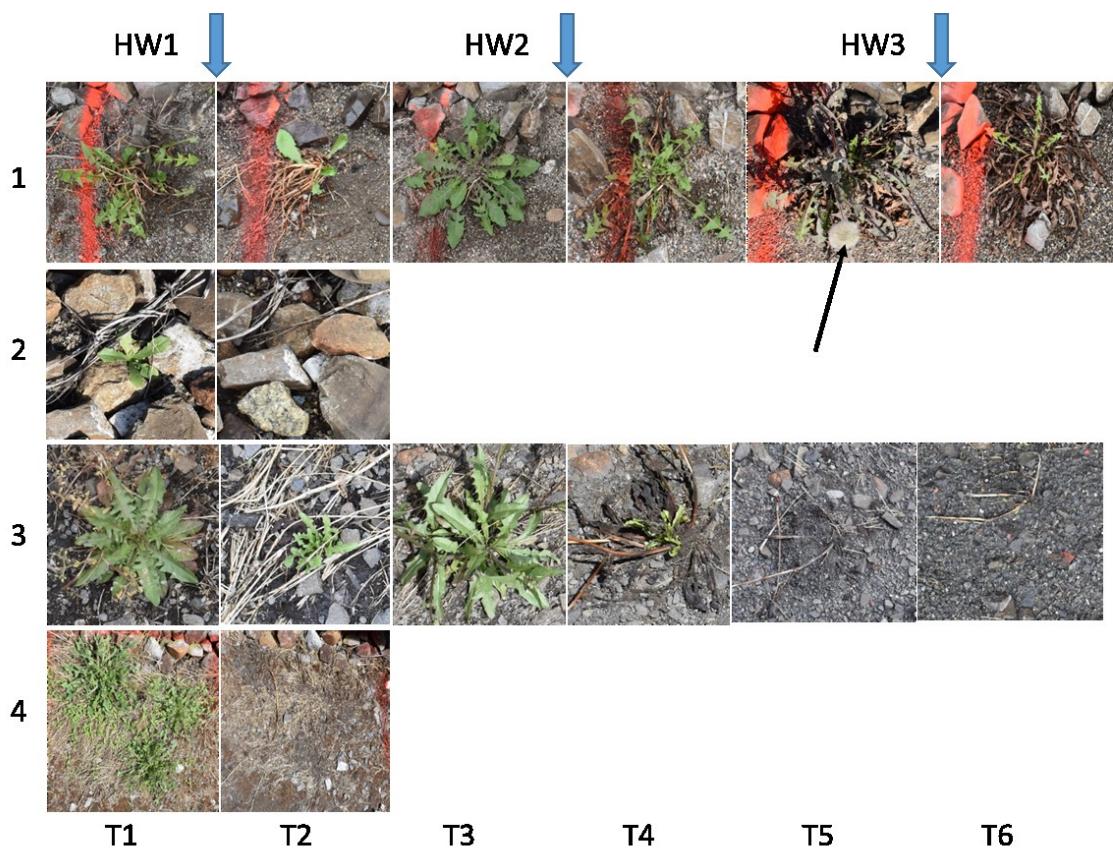


Foto 4: Individuelle Löwenzahn Pflanzen im Verlauf des Sommers

Jede Bildzeile zeigt eine individuelle Löwenzahn Pflanze im Verlauf des Sommers. Wenn das Meristem (Wachstumszone der Pflanze) durch das HW nicht zerstört wird, kann die Pflanze überleben und wieder austreiben. Das Wiederaustreiben der Pflanzen ist je nach Individuum unterschiedlich. Die erste Bildzeile zeigt eine Pflanze die sich möglicherweise an die HW Behandlung angepasst hat. Man sieht, dass die 2. HW Behandlung weniger effektiv als die erste. Auf dem 5. Bild in Zeile 1 sieht man, dass die Pflanze Samen gebildet hat (schwarzer Pfeil). Die Pflanze in den anderen Bildzeilen hingegen werden durch die drei HW Behandlungen vollständig abgetötet.

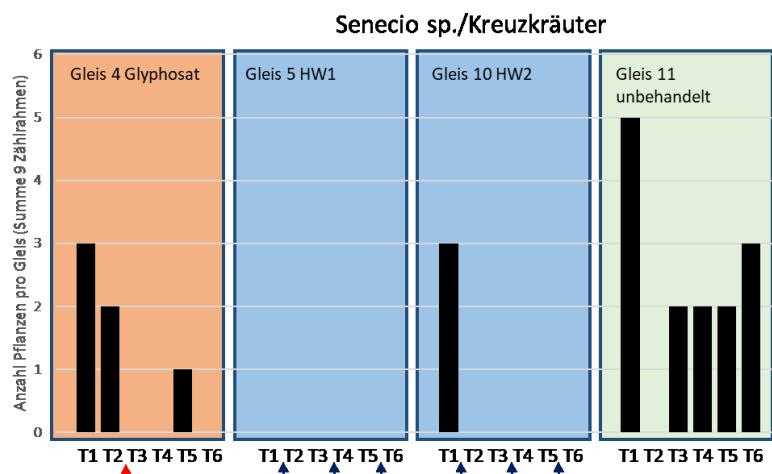


Abbildung 17: *Senecio* sp.

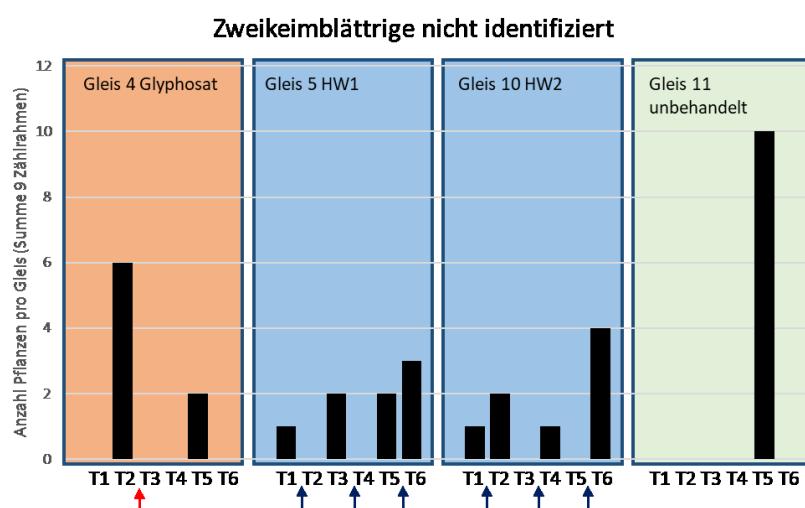


Abbildung 18: Zweikeimblättrige nicht identifiziert.

Gräser

Poaceae/Gräser

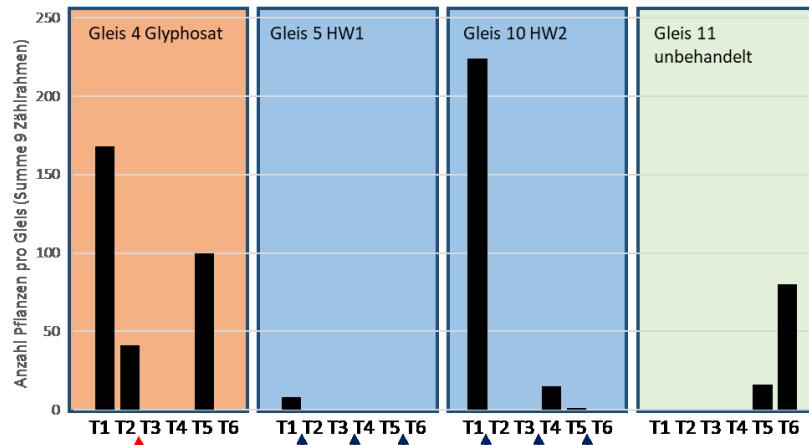


Abbildung 19: Gräser allgemein.

Digitaria sp./Fingerhirsen

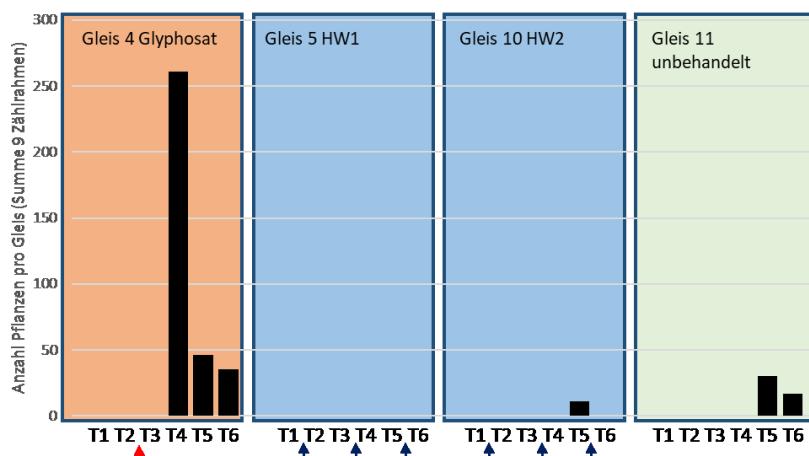


Abbildung 20: *Digitaria sp.*

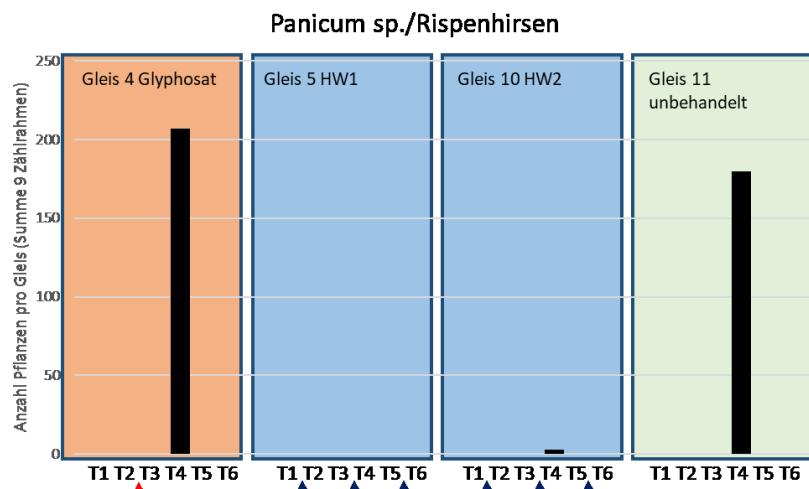


Abbildung 21: *Panicum sp.*

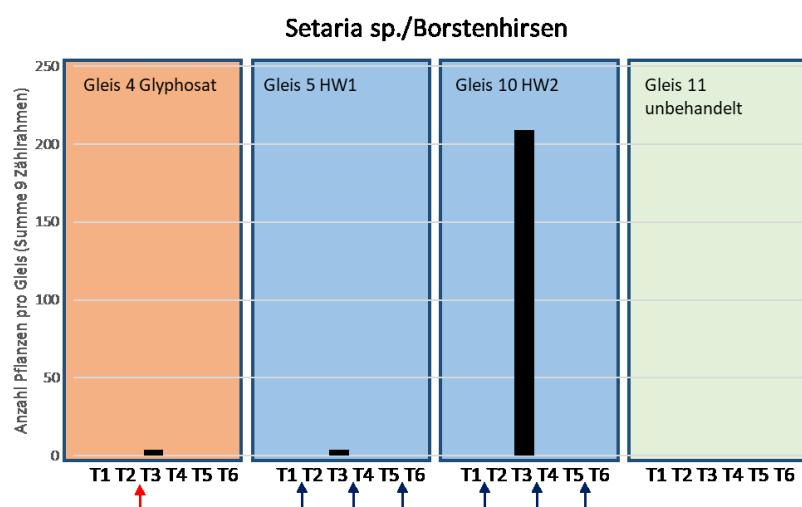


Abbildung 22: *Setaria sp.*

5 Anhang 2 (Fotos der Zählrahmen und der Gleisabschnitte)

Glyphosat Behandlung Gleis 4

Gleis 4 Rahm 5

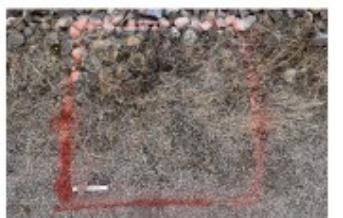
T1 28.04.2020



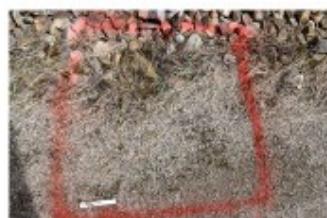
T2 13.05.2020



T3 15.06.2020



T4 30.06.2020



T5 21.09.2020



T1 05.10.2020



Gleis 4 Rahm 1

T1 28.04.2020



T2 13.05.2020



T3 15.06.2020



T4 30.06.2020



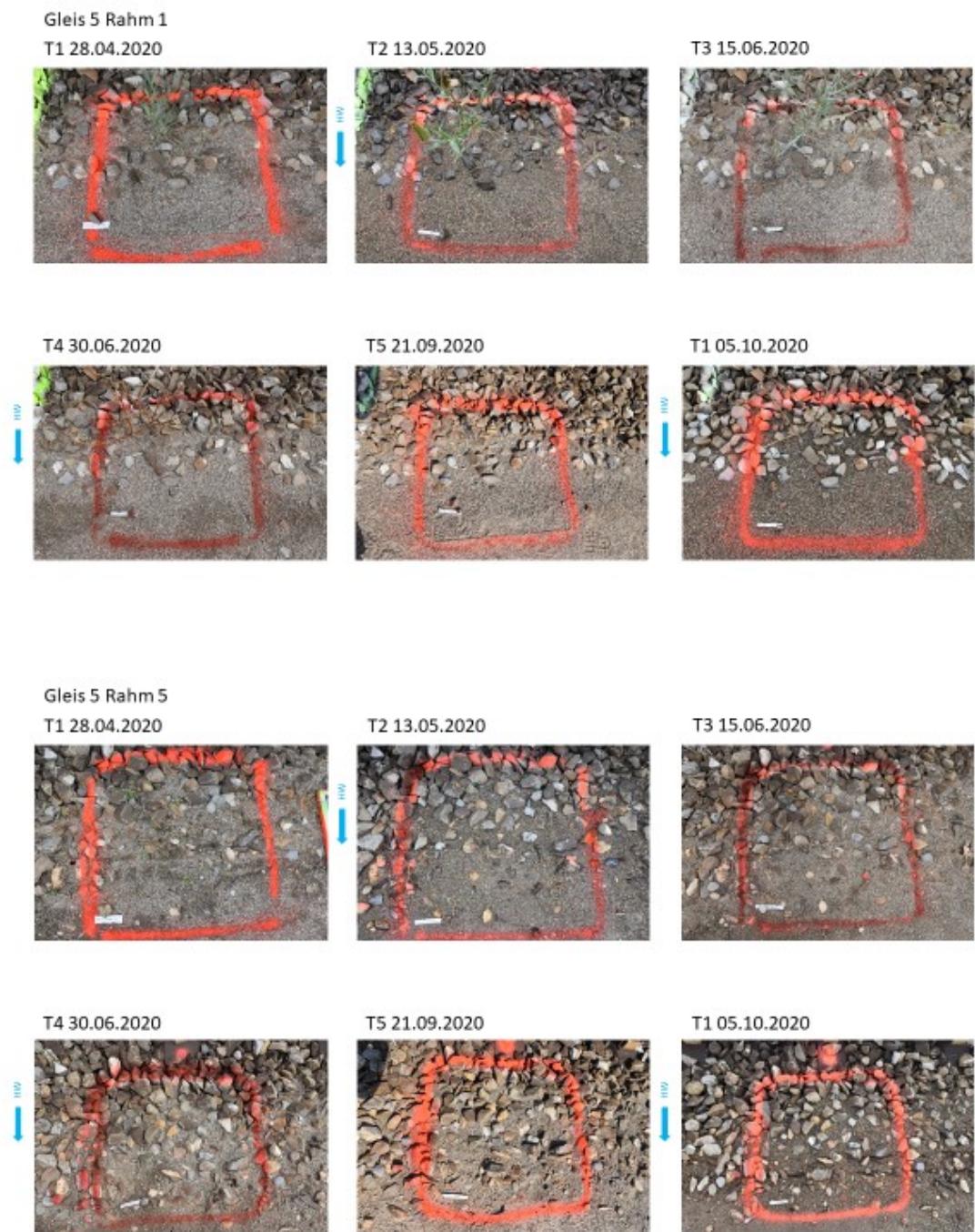
T5 21.09.2020



T1 05.10.2020



HW Behandlungen Gleis 5



HW Behandlungen Gleis 10

Gleis 10 Rahm 1

T1 28.04.2020



T2 13.05.2020



T3 15.06.2020



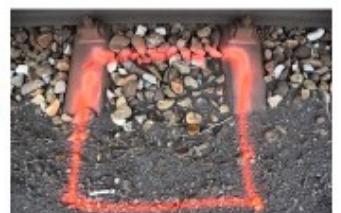
T4 30.06.2020



T5 21.09.2020



T1 05.10.2020



Gleis 10 Rahm 5

T1 28.04.2020



T2 13.05.2020



T3 15.06.2020



T4 30.06.2020



T5 21.09.2020



T1 05.10.2020



Unbehandelte Kontrolle Gleis 11

Gleis 11 Rahm 1

T1 28.04.2020



T2 13.05.2020



T3 15.06.2020



T4 30.06.2020



T5 21.09.2020



T1 05.10.2020



Gleis 11 Rahm 5

T1 28.04.2020



T2 13.05.2020



T3 15.06.2020



T4 30.06.2020



T5 21.09.2020



T1 05.10.2020





Gleis 11 (unbehandelt) 28.04.2020 (T1)



Gleis 10 (HW) 28.04.2020 (T1)



Gleis 10 (HW) 13.05.2020 (T2)



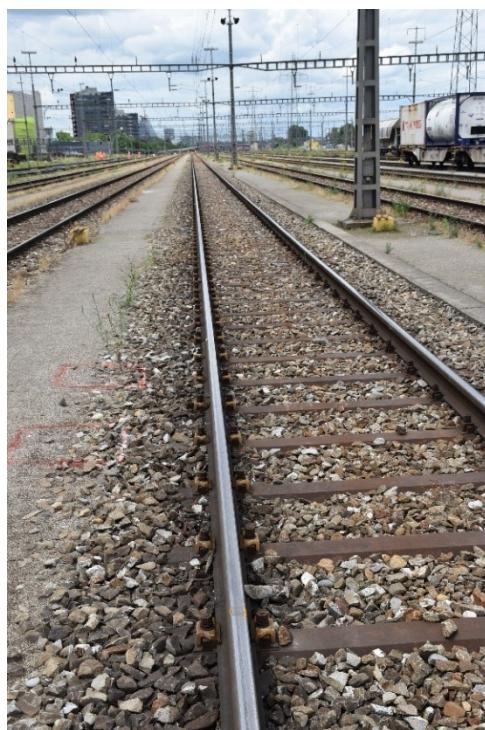
Gleis 4 (Glyphosat) vor der Behandlung, 13.05.2020 (T2)



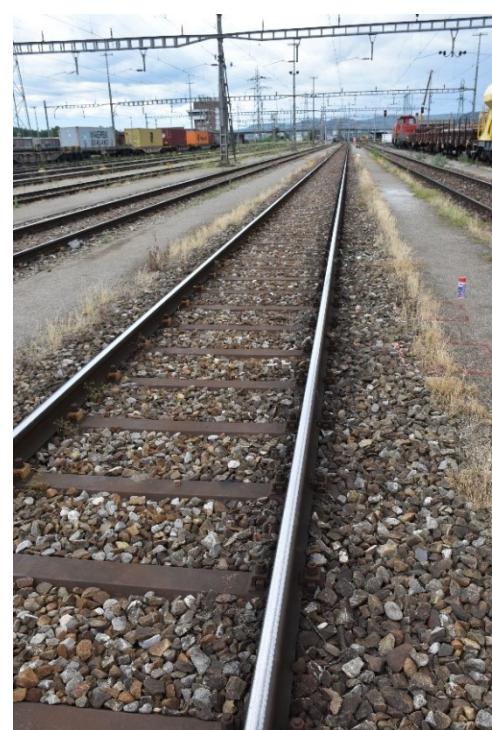
Gleis 11 (unbehandelt) 15.06.2020 (T3)



Gleis 10 (HW) 15.06.2020 (T3)



Gleis 5 (HW) 15.06.2020 (T3)



Gleis 4 (Glyphosat) 15.06.2020 (T3)



Gleis11 (unbehandelt) 30.06.2020 (T4)



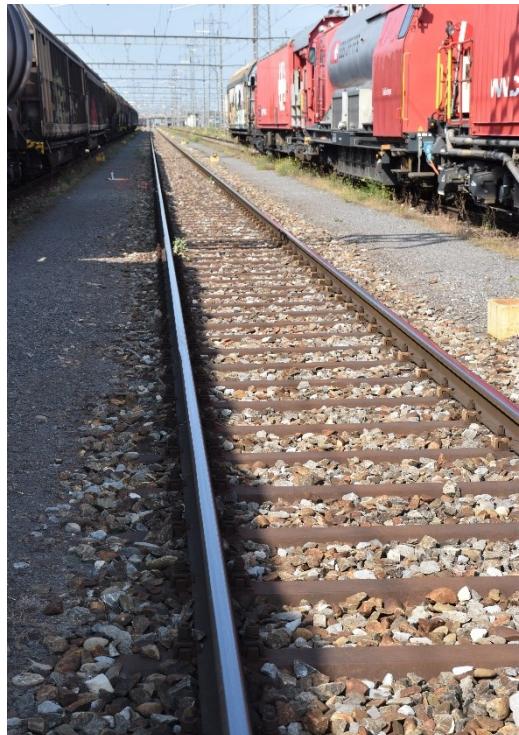
Gleis 10 (HW) 30.06.2020 (T4)



Gleis 5 (HW) 30.06.2020 (T4)



Gleis 4 (Glyphosat) 30.06.2020 (T4)



Gleis 11 (unbehandelt) 21.09.2020 (T5)



Gleis 10 (HW) 21.09.2020 (T5)



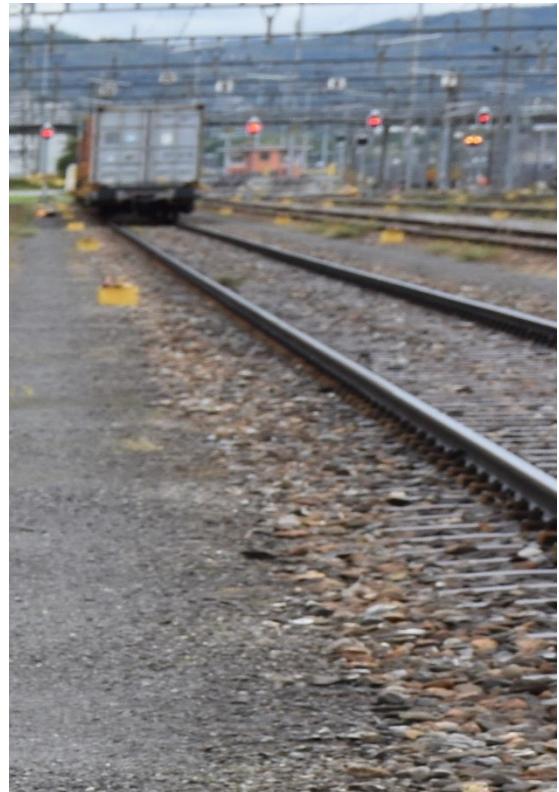
Gleis 5 (HW) 21.09.2020 (T5)



Gleis 4 (Glyphosat) 21.09.2020 (T5)



Gleis 11 (unbehandelt) 05.10.2020 (T6)



Gleis 10 (HW) 05.10.2020 (T6)



Gleis 5 (HW) 05.10.2020 (T6)



Gleis 4 (Glyphosat) 05.10.2020 (T6)



Links : Glyphosat Behandlung Rechts : HW Behandlung; 30.06.2020 (T4)



Links : Glyphosat Behandlung Rechts : HW Behandlung; 21.09.20 (T5)