

**DEPARTEMENT
BAU, VERKEHR UND UMWELT**
Abteilung Landschaft und Gewässer

Natur und Landschaft

20. März 2014

BERICHT

**Bekämpfung von Staudenknöterichen mit Glyphosat an Gewässern im Kanton Aargau –
Schlussbericht einer Pilotstudie mit Fluoreszenz-Tracer**



Inhalt

Zusammenfassung	3
1 Ausgangslage	4
2 Fragestellung, Projektskizze	4
3 Methoden, Ergebnisse und Interpretation	4
3.1 Expositions- und Risikoabschätzung für die Abdrift und die Abschwemmung	4
3.2 Auswahl geeigneter Fliessgewässerstandorte	5
3.3 Hintergrundbelastung mit Glyphosat	5
3.4 Simulierte Applikation mit Fluoreszenz-Tracer	7
4 Schlussfolgerung	9
5 Organigramm	10
6 Literatur	11
7 Anhang	12

Impressum

Herausgeber

Kanton Aargau
Departement Bau, Verkehr und Umwelt
Abteilung Landschaft und Gewässer
Sektion Natur und Landschaft
Entfelderstrasse 22
5001 Aarau

Kontaktadresse:

Sebastian Meyer
062 835 34 50
sebastian.meyer@ag.ch

Mitarbeit

Nina Bendixen, Bachema AG
Stefan Birrer, Hintermann & Weber AG
Thomas Gerber, Abteilung Landschaft und Gewässer
Norbert Kräuchi, Abteilung Landschaft und Gewässer
Martin Märki, Abteilung für Umwelt
Sebastian Meyer, Abteilung Landschaft und Gewässer
Thomas Poiger, Agroscope Changins-Wädenswil
Heinz Singer, Eawag Dübendorf
Ronald Wohlhauser, Syngenta Crop Protection AG

Zusammenfassung

Die Abteilung Landschaft und Gewässer des Kantons Aargau hat 2013 eine Pilotstudie zur Bekämpfung von asiatischen Staudenknöterichen mit Glyphosat an Gewässern durchgeführt. Die Studie hatte zum Ziel, aufzuzeigen, welche Bedingungen für Feldstudien mit Glyphosat gelten müssen, um sicherzustellen, dass die Umwelt dabei nicht gefährdet wird. Weil eine Anwendung von Glyphosat nicht in Frage kam – ein Gesuch für eine Ausnahmegewilligung wurde vom BAFU abgelehnt – sollte die Applikation mit einem Fluoreszenz-Tracer simuliert werden. Die Studie war mehrstufig aufgebaut, die Zusammenfassung geht nur auf die beiden wichtigsten Teilprojekte ein.

Im einen Teilprojekt wurde basierend auf Erfahrungswerten aus der Landwirtschaft eine Risikoabschätzung für die Abdrift und die Abschwemmung von Glyphosat erstellt. Die Ergebnisse zeigen, dass auch im Worst-Case-Szenario (ohne Einschränkungen hinsichtlich Wind und ohne weitere Schutzmassnahmen) die vom Vereinigten Königreich für Glyphosat abgeleiteten Qualitätskriterien (sog. Environmental Quality Standards) für kurzzeitige Belastungen eingehalten werden können. Da das Worst-Case-Szenario bewusst von erschwerten Bedingungen ausgeht, kann angenommen werden, dass Glyphosat-Anwendungen unter kontrollierten Bedingungen und mit zusätzlichen Schutzmassnahmen zu bedeutend geringeren Belastungen im Gewässer führen.

In einem zweiten Teilprojekt wurde an der Suhre bei Muhen ein Spritzversuch mit Fluoreszenz-Tracer simuliert. Die Ergebnisse bestätigen die Hypothese, dass unter strengen Auflagen – vor allem hinsichtlich Wind und verwendeter Spritzdüse – eine umweltgefährdende Abdrift fast ganz ausgeschlossen werden kann. Obwohl der Tracer bis einen Meter an das Gewässer heran appliziert wurde, konnte auch bei den Durchgängen ohne zusätzliche Schutzmassnahmen (Schutzvlies, vom Wasser weggerichteter Spritzstrahl) in keinem Fall Abdrift gemessen werden.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass es möglich ist, mit geschultem Personal, unter kontrollierten Bedingungen und mit spezifischen Schutzmassnahmen Glyphosat bis nahe ans Gewässer anzuwenden, ohne die Umwelt zu gefährden. Mit den durchgeführten Studien sollte das BAFU nun über die nötigen Grundlagen verfügen, um den Kantonen Ausnahmegewilligungen für örtlich und zeitlich begrenzte und von Fachpersonen durchgeführte und begleitete Spritzversuche mit Glyphosat auszustellen.

1. Ausgangslage

Studien zeigen, dass die chemische Bekämpfung mit Glyphosat-haltigen Spritzmitteln eine effektive und effiziente Eindämmung der asiatischen Staudenknöteriche ermöglicht (Bollens & Fischer, 2013). Weil es gemäss ChemRRV nicht zulässig ist, Pflanzenschutzmittel innerhalb eines Streifens von 3 m vom Gewässer anzuwenden, hat die Abteilung Landschaft und Gewässer des Kantons Aargau (ALG) beim BAFU um eine Ausnahmegewilligung für die Durchführung einer Feldstudie im Frühjahr 2013 ersucht. Mit Schreiben vom 02.07.2013 wurde das Begehren abgelehnt.

Die ALG hat in der Folge entschieden, 2013 eine Pilotstudie durchzuführen, die aufzeigen soll, welche Auflagen für Feldstudien mit Glyphosat gelten müssen, um eine Gefährdung der Umwelt auszuschliessen. Die Ergebnisse sollen die Grundlagen dafür schaffen, dass das BAFU künftig Ausnahmegewilligungen für Feldversuche unter gewissen Bedingungen bewilligen kann. Weil eine Anwendung von Glyphosat nicht in Frage kam, sollte die Applikation mit einem Fluoreszenz-Tracer simuliert werden.

2. Fragestellung, Projektskizze

Die ALG hat die Eawag (Heinz Singer, Abteilung Umweltchemie) beauftragt, für die Studie eine Projektskizze zu erstellen. Die Skizze vom 24.07.2013 (vgl. Anhang I) beschreibt die Zielsetzung und weist wichtige Rahmenbedingungen und Definitionen, mögliche Versuchsansätze sowie die vorgeschlagenen Projektpartner aus. Es wurde ein vierstufiges Vorgehen mit folgenden Zielsetzungen resp. Teilprojekten vorgeschlagen:

- A Erstellung einer Expositions- und Risikoabschätzung für die Abdrift und die Abschwemmung von Glyphosat anhand von Zulassungs-Modellen und -Daten
- B Auswahl geeigneter Fliessgewässerstandorte mit Staudenknöterich-Befall, nach Möglichkeit unter Berücksichtigung der Messstationen des hydrometrischen Messnetzes des Kantons Aargau
- C Glyphosat-Messungen an den ausgewählten Fliessgewässerstandorten (siehe b) zur Erfassung der bestehenden Hintergrundbelastung (Glyphosat aus Landwirtschaft und Siedlung)
- D Erfassung der Abdrift in einer simulierten Applikation mit Fluoreszenz-Tracer an den ausgewählten Fliessgewässerstandorten in einer Pilotstudie

Im Anschluss daran wurde die Versuchsanordnung von der ALG zusammen mit den Projektpartnern für die einzelnen Teiluntersuchungen verfeinert (vgl. Kap. 5 Organigramm). Anhang II gibt einen Überblick über die getroffenen methodischen Entscheide und die zugrundeliegenden Erwägungen.

3. Methoden, Ergebnisse und Interpretation

Die nachfolgenden Abschnitte präsentieren die Ergebnisse der vier Teilprojekte in kurzer Form. Für weitere Details wird auf verschiedene weitere Dokumente im Anhang verwiesen.

3.1 Expositions- und Risikoabschätzung für die Abdrift und die Abschwemmung

Ziel

Erstellen einer Expositions- und Risikoabschätzung für die Abdrift und die Abschwemmung von Glyphosat anhand von Zulassungs-Modellen und -Daten.

Methode

Worst-Case-Abschätzung für Abdrift und Abschwemmung. Expositionsrechnungen mit Hilfe von Modellen, die in der Risikobeurteilung für die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft verwendet werden (Abdrift-Eckwert-Tabellen von Rautmann et al., 2001). Die für die Berech-

nungen getroffenen Annahmen und Szenarien müssen der Studie von Thomas Poiger (Agroscope Changins-Wädenswil) im Anhang III entnommen werden.

Ergebnisse

Unter denselben Rahmenbedingungen, die auch für die anvisierten Pilotversuche mit Glyphosat vorgesehen sind (Wuchshöhe von maximal 50 cm Höhe, Abstand vom Gewässer mindestens 1 m), ergeben die Worst-Case-Abschätzungen die folgenden Glyphosat-Konzentrationen im Gewässer:

Aufwandmenge Glyphosat	1.5 kg/ha	3.1 kg/ha	15 kg/ha	46 kg/ha
Abdrift	14 µg/L	29 µg/L	139 µg/L	425 µg/L
Abschwemmung	14 µg/L	30 µg/L	144 µg/L	442 µg/L

Für die detaillierten Ergebnisse sei auf Anhang III verwiesen.

Interpretation

Die gemäss Gewässerschutzverordnung (GSchV Anhang 2 Ziffer 12) für organische Pestizide festgelegte numerische Anforderung an die Gewässerqualität von 0.1 µg/L kann unter normalen landwirtschaftlichen Bedingungen (keine Berücksichtigung des Winds, konventionelle Ausrüstung) nicht eingehalten werden.

Ein spezifischer Grenzwert für Glyphosat besteht derzeit nicht. In einer im Jahr 2012 erschienenen Arbeit wurde für Glyphosat eine Regulatory Acceptable Concentration (RAC) von 50 µg/L abgeleitet (Knauer und Félix, 2012). Für das Vereinigte Königreich abgeleitete sog. Environmental Quality Standards (EQS-Werte) für Pestizide in Oberflächengewässern ergaben für Glyphosat für kurzzeitige Belastung Grenzwerte von 84 resp. 398 µg/L (Maycock et al., 2010). Diese Grenzwerte können auch im Worst-Case-Szenario – ohne Berücksichtigung des Winds und ohne weitere Schutzmassnahmen eingehalten werden, sofern die Aufwandmenge 1.5 kg/ha (typische Menge in der Landwirtschaft) resp. 3.1 kg/ha (tiefste Dosierung im interkantonalen Knöterich-Pilotversuch) nicht überschreitet.

Da das Worst-Case-Szenario bewusst von erschwerten Bedingungen ausgeht (z.B. Wind) und konservative Annahmen trifft (z.B. geringes Wasservolumen), ist anzunehmen, dass Glyphosat-Anwendungen unter kontrollierten Bedingungen und mit zusätzlichen Schutzmassnahmen zu bedeutend geringeren Belastungen im Gewässer führen (vgl. Abdrift Teilprojekt D).

3.2 Auswahl geeigneter Fliessgewässerstandorte

Ziel

Auswahl geeigneter Fliessgewässerstandorte mit Staudenknöterich-Befall, nach Möglichkeit unter Berücksichtigung der Messstandorte des Überwachungsprogramms der Abteilung für Umwelt.

Ergebnisse

Da das Teilprojekt B keine eigenen Resultate liefert, sondern nur Grundlage für die Teilprojekte C und D ist, werden an dieser Stelle keine Ergebnisse präsentiert. Wir verweisen für die Erwägungen zur Standortauswahl auf den Abschnitt 1.2 im Anhang II.

3.3 Hintergrundbelastung mit Glyphosat

Ziel

Glyphosat-Messungen an ausgewählten Fliessgewässerstandorten zur Erfassung der bestehenden Hintergrundbelastung (Glyphosat aus Landwirtschaft und Siedlung)

Methode

Probenahme von Wasser an 5 Aargauer Bächen verteilt über den Monat September (8 Halbwochenaufsammlungen, pegelproportional). Die Probestellen liegen jeweils in der Nähe einer hydrometrischen Station:

Gewässer	Station mit Koordinate
Bünz	Othmarsingen (658 619 / 250 315)
Suhre	Suhr (647 084 / 246 534)
Surb	Döttingen (662 336 / 268 509)
Aabach	Lenzburg (655 708 / 249 100)
Sissle	Eiken (642 035 / 264 714)

Zusätzlich wurden an Bünz und Suhre in derselben Zeitperiode zusätzliche Momentproben genommen (4 Proben pro Bach), um allfällige Konzentrations-Peaks zu erkennen, die innerhalb der Halbwochenaufsammlungen verdünnt werden.

Probenahme und anschliessende Analytik erfolgten durch die Bachema AG (Nina Bendixen). Das Analyseverfahren kann als LC-MS/MS-Messung mit vorgängiger Derivatisierung und Anreicherung umschrieben werden. Hierbei werden die Proben bis zur Aufarbeitung mit Konservierungsmittel versetzt und gekühlt gelagert (max. 1 Woche). Anschliessend werden sie mit Fmoc-Cl derivatisiert und über eine SPE-Kartusche (SPE = Solid Phase Extraction) angereichert. Das Eluat wird dann unter dem Luftstrom eingengt, wässrig wieder aufgenommen und ist so bereit zur Analyse. Es wird so eine Aufkonzentrierung um den Faktor 160 erreicht. Das Verfahren geht auf eine Arbeit von Heinz Singer zurück (Hanke et al., 2008).

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Analyse der Halbwochenaufsammlungen zeigt Abb. 1. Im Mittel der 5 Bäche beträgt die Glyphosat-Konzentration im Monat September 0.3 µg/L, der höchste Mittelwert eines Baches 0.6 µg/L (Bünz). Der bei allen Bächen am 09.09.2013 festgestellte Peak ist auf Niederschläge in den vorangehenden Tagen zurückzuführen (Abschwemmung). Der höchste gemessene Einzelwert stammt mit 1.6 µg/L ebenfalls von der Bünz.

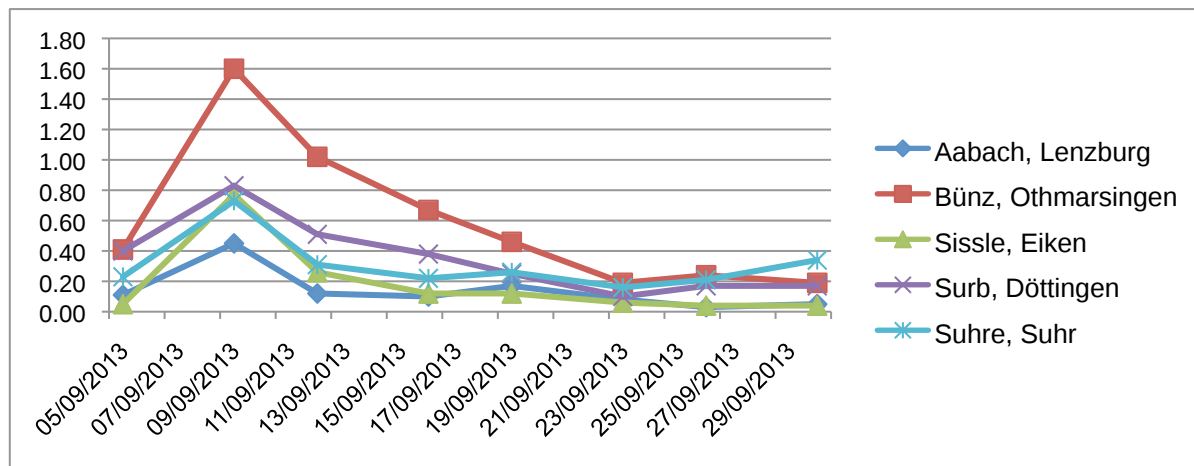


Abb. 1: Ergebnisse der Glyphosat-Messungen (in µg/L) an 5 Aargauer Bächen im September 2013. Dargestellt sind die Messwerte der Halbwochenaufsammlungen in µg/L. Das Datum bezeichnet jeweils das Ende der Periode der Probenahme. Der Peak am 09.09.2013 ist auf Niederschläge in den vorangegangenen Tagen zurückzuführen (Abschwemmung).

Die Werte der Momentaufnahmen liegen alle innerhalb des Wertebereichs der Halbwochenaufsammlungen. Die vollständigen Analyseergebnisse sind im Anhang IV enthalten.

Interpretation

Der gemäss Gewässerschutzverordnung generell für organische Pestizide festgelegte Grenzwert von 0.1 µg/L, wurde nur bei 8 von 64 Messungen eingehalten. Der Mittelwert der 5 Bäche übersteigt den Grenzwert um den Faktor 3, der Mittelwert der Bünz um den Faktor 6. Die Aargauer Messungen deuten auf eine beträchtliche permanente Belastung der Aargauer Bäche mit Glyphosat aus der Landwirtschaft und dem Siedlungsgebiet hin (Hanke et al., 2010). Andere Messungen zeigen, dass

die Belastungen während der gesamten Vegetationszeit beträchtlich sind und nur im Winter deutlich abfallen (Martin Märki, 2014, pers. Mitt.).

Die Konzentrations-Peaks der Proben vom 09.09.2013, die sich an allen Messstationen feststellen lassen, sind auf die vorangehenden Niederschläge und entsprechende Abschwemmung oder Mischwasserentlastungen (Siedlungsabwasser) zurückführen. Die Niederschläge gingen an den hydrometrischen Stationen mit höheren Pegelständen und Abflussmengen einher.

3.4 Simulierte Applikation mit Fluoreszenz-Tracer

Ziel

Erfassung der Abdrift in einer simulierten Applikation mit Fluoreszenz-Tracer an den ausgewählten Fliessgewässerstandorten in einer Pilotstudie mit unterschiedlichen Behandlungen mit Abdrift-reduzierenden Massnahmen.

Methode

Simulation einer Glyphosat-Applikation mit der Markiersubstanz Uvitex OB, einem Fluoreszenz-Tracer. Die Versuchsfläche befand sich im Siedlungsgebiet von Muhen am rechten Ufer der Suhre (Abb. 2 und 3).

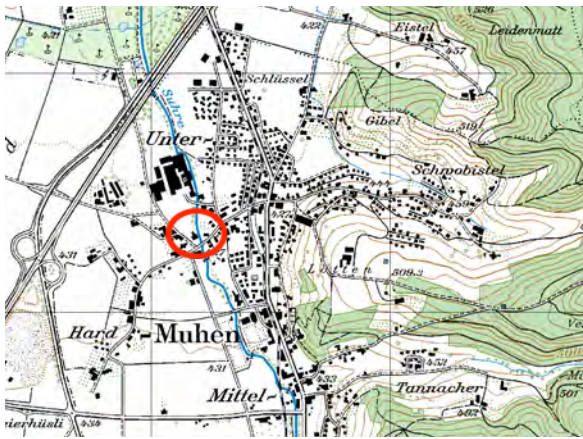


Abb. 2: Versuchsgebiet an der Suhre im Siedlungsgebiet von Muhen



Abb. 3: Lage der Applikationsfläche am rechten Ufer der Suhre im Luftbild

Die behandelte Fläche mit Staudenknöterich misst 20 m^2 liegt an der steilen Bachböschung (ca. 40°). Sie verläuft 10 m entlang der Suhre, ist 2 m breit und reicht bis 1 m an die Wasserlinie heran (vgl. Abb. 4). Gemäss den Vorgaben für die angestrebten Feldversuche mit Glyphosat musste 1. der Staudenknöterich-Bestand gemäht sein (maximal 50 cm Höhe), 2. die Applikation maximal 80 cm über Boden erfolgen, 3. eine Abdrift-reduzierende Düse verwendet werden und 4. nur bei annähernder Windstille und trockenem Wetter gearbeitet werden.



Abb. 4: Anordnung der Filterpapierstreifen, die den Tracer auffangen, auf Dachlatten, die über dem Bach ausgelegt werden.



Abb. 5: Verwendung der Schutzwand aus Vlies. Sie wandert mit der applizierenden Person mit (im Bild vom Vlies verdeckt), sodass die Auffangwirkung maximal ist.

Zwei zusätzliche Abdrift-reduzierende Massnahmen wurden im Rahmen der Studie ausgetestet:

1. Das Aufstellen eines Schutzvlieses von 4 x 2 m zwischen (vgl. Abb. 5).
2. Die Verwendung einer abgewinkelten Spritzdüse. Sie ermöglicht es, den Spritzstrahl vom Gewässer weg zu richten (vgl. Abb. 6).



Abb. 6: Die abgewinkelte Düse ermöglicht einen gezielt vom Gewässer weg gerichteten Spritzstrahl.

In Kombination der beiden Massnahmen und unter Berücksichtigung der Kontrollbehandlung (kein Schutzvlies, gerade Spritzdüse) ergeben sich insgesamt 4 Behandlungen, die jeweils dreimal hintereinander repliziert wurden. Alle Versuchsdurchgänge konnten am 13.09.2013 durchgeführt werden:

Versuchs- variante	Wieder- holung	Startzeit	Tempe- ratur (°C)	Wind- richtung	Zeit pro 20 m ² (sec)	Sprühmenge (l / 20 m ²)
Spritzdüse gerade, ohne Schutzvlies	1	11.18 h	17.0	Süd	169	0.90
	2	13.42 h	18.0	Nord	182	0.97
	3	15.00 h	18.0	Südost	160	0.85
Spritzdüse gerade + Schutz- vlies	1	11.50 h	17.0	-	190	1.01
	2	14.03 h	17.0	-	171	0.91
	3	15.19 h	19.0	Nordost	192	1.02
Spritzdüse ab- gewinkelt, ohne Schutzvlies	1	12.14 h	17.0	Nordost	160	0.85
	2	14.22 h	18.0	Nord	180	0.96
	3	15.35 h	19.0	Nord	166	0.88
Spritzdüse abge- winkelt + Schutz- vlies	1	12.33 h	17.0	-	165	0.88
	2	14.42 h	18.0	Südost	175	0.93
	3	15.52 h	19.0	-	160	0.85

Für die Nachweismethode des Tracers mittels über dem Bach ausgelegten Filterpapierstreifen (vgl. Abb. 4) sowie die Analytik sei auf die Anhänge V (Zusammenfassung) und VI (Illustration) von R. Wohlhauser verwiesen.



Abb. 7: Vorbereiten der Dachlatten mit Filterpapierstreifen: 1. Überziehen der Dachlatten mit Frischhaltefolie; 2. Festkleben der beiden Enden und Beschriften mit Versuchs- und Lattennummer; 3. Fixieren der Filterpapierstreifen mit Gummiringen. Das ausgeklügelte Vorgehen war nötig, um eine Kontamination der frischen Filterpapierstreifen mit Tracer aus vorangehenden Spritzdurchgängen sicher ausschliessen zu können.

Ergebnisse

Bei total 12 Spritzdurchgängen und einer totalen Applikationsdauer von 34 Minuten konnte keine Anlagerung von Tracer auf den Filterpapierstreifen festgestellt werden. Die Abdrift muss folglich annähernd 0 % betragen haben (Nachweisgrenze bei 0.01 % Abdrift).

Interpretation

Das klare Resultat bestätigt die Hypothese, dass unter den vorausgesetzten Wetterbedingungen und bei entsprechenden Schutzmassnahmen keine oder vernachlässigbare umweltgefährdende Abdrift entsteht. Dass die zusätzlichen Massnahmen – Schutzflies und vom Wasser weggerichteter Spritzstrahl – für das hervorragende Ergebnis noch nicht einmal in Anspruch genommen werden mussten, zeigt deutlich, dass nun die Voraussetzungen gegeben sind, im Rahmen von Ausnahmegewilligungen örtlich und zeitlich begrenzte und von Fachpersonen durchgeführte und begleitete Spritzversuche durchzuführen.

Nur auf den ersten Blick ist es überraschend, dass überhaupt keine Abdrift festgestellt werden konnte. Von Experten aus der Praxis wurde dieses Ergebnis bei Verwendung Abdrift-reduzierender Düsen eigentlich erwartet (R. Wohlhauser, G. Popow). Auch im Vergleich zu einer Tracer-Studie im Kanton Zürich von (Popow et al., 2009), bei der zum Teil beträchtliche Abdrift festgestellt worden war (maximal 0.88 % bei 1 m Distanz), ist das Resultat nur vordergründig widersprüchlich. Bei diesem Versuch wurde die Abdrift bei normalen Windverhältnissen ermittelt; bei zu schwachem Wind wurde die Spritzung absichtlich unterbrochen. Beim vorliegenden Versuch wurden die Voraussetzungen genau umgekehrt definiert; es musste annähernde Windstille herrschen.

Dass keine Abdrift festgestellt wurde, kann auch nicht einer optimalen Windrichtung zugeschrieben werden. Die gemäss Vorgabe minimalen Luftbewegungen verliefen teilweise schräg zum Wasser hin (aus Nordost und Südost) und teilweise parallel zum Ufer, waren aber nie vom Wasser weg gerichtet.

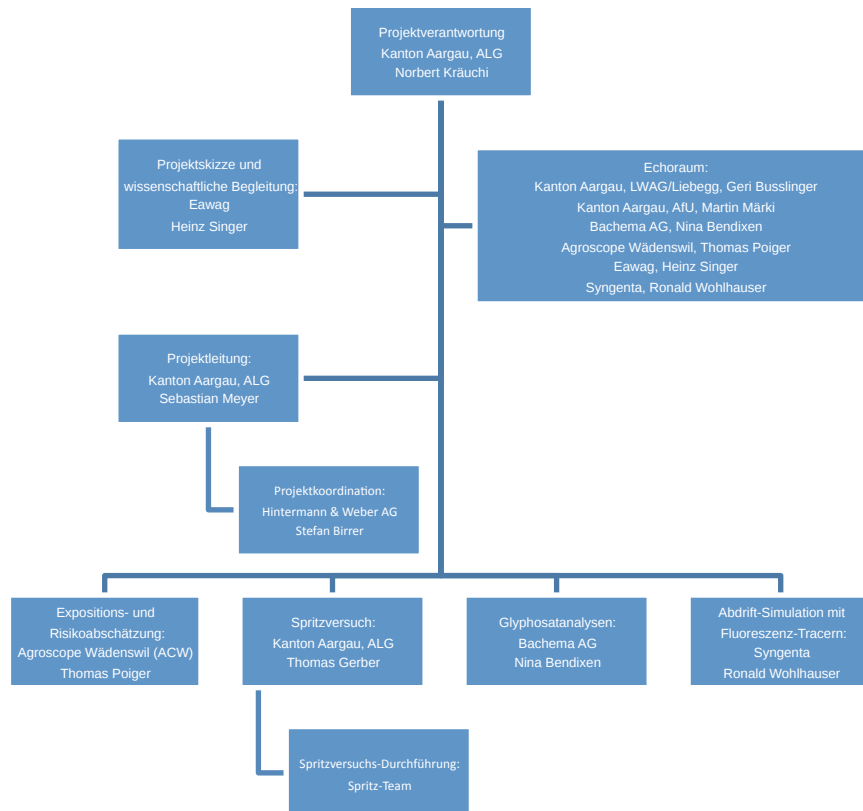
4. Schlussfolgerung

Die Risikoabschätzung für die Abdrift und die Abschwemmung von Glyphosat konnte zeigen, dass auch im Worst-Case-Szenario – ohne Berücksichtigung des Winds und ohne weitere Schutzmassnahmen – die EQS-Grenzwerte für Glyphosat (UK) eingehalten werden können. Folglich können unter strengen Auflagen noch bedeutend geringere Belastungen für das Gewässer erwartet werden. Tatsächlich belegen die Ergebnisse des Spritzversuchs mit Fluoreszenz-Tracer, dass unter standardisierten Bedingungen – vor allem hinsichtlich Wind und verwendeter Spritzdüse – eine Abdrift fast ganz ausgeschlossen werden kann.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass es möglich ist, mit geschultem Personal, unter kontrollierten Bedingungen und mit spezifischen Schutzmassnahmen Glyphosat bis nahe ans Gewässer anzuwenden, ohne die Umwelt zu gefährden. Mit den durchgeführten Studien sollte das BAFU nun über die nötigen Grundlagen verfügen, um den Kantonen Ausnahmegewilligungen für örtlich und zeitlich begrenzte und von Fachpersonen durchgeführte und begleitete Spritzversuche mit Glyphosat zu erteilen.

5. Organigramm

Das Organigramm gibt einen Überblick über alle an der Studie beteiligten Personen und ihre Funktion.



6. Literatur

Bollens, U.; Fischer, D., 2013: Pilotversuch zur Bekämpfung des Japanknöterichs. Kantone AG, BE, GL, LU, VS, ZG, ZH und BAFU. Unpubl. Schlussbericht der Phase II.

Hanke, I.; Singer, H.; Hollender, J., 2008: Ultratrace-level determination of glyphosate, aminomethylphosphonic acid and glufosinate in natural waters by solid-phase extraction followed by liquid chromatography–tandem mass spectrometry: performance tuning of derivatization, enrichment and detection. *Anal Bioanal Chem* 391: 2265 – 2279.

Hanke, I.; Wittmer, I.; Bischofberger, S.; Stamm, C.; Singer, H., 2010: Relevance of urban glyphosate use for surface water quality. *Chemosphere* 81: 422 – 429.

Knauer, K.; Félix, O., 2012: Pflanzenschutzmittel und Oberflächengewässer: praxisnahe Schutzmassnahmen. *Agrarforschung Schweiz* 3 (11-12): 532 – 537.

Maycock, D.; Crane, M.; Atkinson, C.; Johnson, I., 2010: Proposed EQS for Water Framework Directive Annex VIII substances: glyphosate (For consultation), Water Framework Directive – United Kingdom Technical Advisory Group (WFD-UKTAG).

Popow, G.; Wohlhauser, R.; Anderau, V.; Rüegg, J.; Hochstrasser, M.; Feichtinger, G., 2009: Chemische Bekämpfung von Staudenknöterich. Messung von Spray-Drift und Deposition auf dem Boden. Unveröffentlichter Bericht, 6 Seiten.

7. Anhang

Anhang I: Bekämpfung von asiatischen Staudenknöterichen mit Glyphosat an Gewässern im Kanton Aargau – Projekt-Skizze von H. Singer

Kanton Aargau
Dr. Norbert Kräuchi
Abteilungsleiter ‚Landschaft und Gewässer‘
Departement Bau, Verkehr und Umwelt
Entfelderstrasse 22
5001 Aarau

Projekt-Skizze – Version 2

Erfassung und Bewertung der Gewässerbelastungen mit Glyphosat bei der chemischen Bekämpfung von invasiven Neophyten an Gewässern im Kanton Aargau anhand von Fluoreszenz-Tracern – eine Pilotstudie

Randbedingungen

Für die Durchführung einer Feldstudie hat das BAFU eine Ausnahmegewilligung zur Ausbringung von Glyphosat entlang von Gewässern im Schreiben vom 2. Juli 2013 abgelehnt, da die Ausbringung von Pflanzenschutzmittel näher als 3m zum Gewässer gemäss ChemRRV zurzeit nicht zulässig ist. Deshalb soll eine Pilotstudie mit der simulierten Applikation eines Fluoreszenz-Tracer durchgeführt werden.

1. Ausgangssituation

Invasive Neophyten wie der japanische Staudenknöterich stellen aufgrund der schnellen Ausbreitung entlang von Gewässern zunehmend ein Problem dar. Invasive Pflanzenarten verdrängen in ökologisch wertvollen gewässernahen Flächen die einheimische, standortgemässe Vegetation. Studien haben gezeigt, dass die chemische Bekämpfung mit glyphosat-haltigen Spritzmitteln eine wirksame und finanzierbare Eindämmung der invasiven Neophyten ermöglicht (Bollens U. 2005: Bekämpfung des Japanischen Staudenknöterichs. Umwelt-Materialien Nr. 192. BAFU). Da der Einsatz von Pflanzenschutzmittel gemäss der ChemRRV innerhalb eines 3 Meter breiten Streifens entlang des Gewässers nicht erlaubt ist und eine Sonderbewilligung für die Ausbringung von Glyphosat in einer Feldstudie im Kanton Aargau vom BAFU abgelehnt wurde, soll in einer simulierten Applikation mittels Fluoreszenztracern die Abdrift von Spritzmittel in das Gewässer experimentell überprüft werden.

2. Versuchsdesign

Für den Eintrag von Glyphosat ins Gewässer bei der chemischen Behandlung des Staudenknöterichs müssen zwei Abtragspfade berücksichtigt werden:

1. Direkter Abdrift des Sprühnebels ins Gewässer während der Applikation. Wichtige technische und meteorologische Faktoren bestimmen das Ausmass der Abdrift. Neben der Tröpfchengrösse der ausgebrachten Spritzmittellösung, der Spritzhöhe, der Ausbringungsgeschwindigkeit, des gewählten Pflanzenschutzmittelprodukts und der Wasserausbringungsmenge tragen vor allem die Windgeschwindigkeit, die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit zur Abdrift bei.
2. Abtrag des Glyphosat von den behandelten Flächen mit dem Niederschlag oder durch Überschwemmung der behandelten Uferböschung während Abflussereignisse. Wieviel Glyphosat von den betreffenden Flächen abgetragen wird, hängt von vielen Faktoren, wie zum Beispiel von der Menge, der Intensität und dem Zeitpunkt der Niederschlagsereignisse, der Bodenbeschaffenheit, dem Pflanzenbewuchs und der Topographie, ab.

Während die Abdrift kaum vom verwendeten Wirkstoff beeinflusst wird, wird der Abtrag vom Boden und den behandelten Pflanzenteilen massgeblich durch die Substanzeigenschaften des Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffes mitbestimmt. So kann die Erfassung der Abdrift mit einem Fluoreszenztracer erfolgen, wogegen die Abschwemmung direkt durch Glyphosat-Messungen im Gewässer bestimmt werden muss.

3. Zielsetzung

Da für die Ausbringung von Glyphosat zur Bekämpfung von Neophyten entlang von Gewässern in einer Feldstudie keine Ausnahmegewilligung vom BAFU erteilt wurde, wird für dieses Pilotprojekt ein vier-stufiges Vorgehen mit folgenden Zielsetzungen gewählt:

- a) Erstellung einer Expositions- und Risikoabschätzung für die Abdrift und die Abschwemmung von Glyphosat anhand von Zulassungs-Modellen und –Daten
- b) Auswahl geeigneter Fliessgewässerstandorten mit Neophytenbefall und geringer Hintergrundbelastung der Gewässer mit Glyphosat
- c) Glyphosat-Messungen an den ausgewählten Fliessgewässerstandorten zur Erfassung der bestehenden Hintergrundbelastung (Glyphosat aus Landwirtschaft und Siedlung)
- d) Erfassung der Abdrift in einer simulierten Applikation mit Fluoreszenz-Tracern an den ausgewählten Fliessgewässerstandorten in einer Pilotstudie

Die hierbei erzeugten Daten sind vorbereitende Arbeiten für zukünftige Feldversuche mit Glyphosatausbringung. Die Ergebnisse aus diesem Pilotprojekt sollen helfen, das Versuchsdesign und die Standortauswahl bei einer zukünftigen Feldstudie mit Glyphosatausbringung so optimal wie möglich gestalten zu können.

4. Durchzuführende Arbeiten

4.1. Expositions- und Risikoabschätzung (Teilprojekt a)

Um eine Gefährdung des Gewässers mit Glyphosat, welches durch Abdrift während der Spritzmittelapplikation oder durch Auswaschung von Glyphosat von den behandelten Flächen mit Niederschlagsereignissen ins Gewässer gelangt, zu vermeiden bzw. abschätzen zu können, sollte vorab eine Expositions- und ökotoxikologische Risikoanalyse durchgeführt werden. Für die Abschätzung von Spritzmittel-Verlusten und deren ökotoxikologischen Wirkung steht bei den Zulassungsbehörden (Agroscope Changins-Wädenswil,) umfangreiches Know-How zur Verfügung. Basierend auf diesen Ergebnissen können zukünftige Versuchsanordnung modifiziert und angepasst werden. Informationen und Erfahrungen aus abgeschlossenen und noch laufenden Versuchen zur chemischen Bekämpfung des japanischen Staudenknöterichs sollten hierzu einfließen.

Ausarbeitung von Teilprojekt a:

Detaillierter Beschrieb von Umfang und Durchführung der Expositions- und Risikoabschätzung.

Vorschlag für Auftragsvergabe:

Agroscope Wädenswil-Changins, Ansprechpartner: Thomas Poiger, Tel.: 044 783 62 89, e-mail: thomas.poiger@acw.admin.ch

4.2. Auswahl der Versuchsstandorte (Teilprojekt b)

Als Versuchsstandorte werden Gewässerabschnitte gewählt, an denen die Uferzone mindestens über 100m entlang des Gewässers mit einem etablierten Bestand an japanischem Staudenknöterich befallen ist. Es sollen Worst-Case Szenarien für den Neophytenbefall ausgewählt werden. Da die Gesamtsituation auf die Behandlung und den Abtrag von Spritzmittel bei der Neophytenbehandlung sowie auf die Gewässerbelastung einen grossen Einfluss haben kann, sollten mehrere Standorte an verschiedenen Gewässertypen (Grösse, chemischer und biologischer Zustand, Einzugsgebietscharakteristika, etc.) mit variierender Topographie der Uferböschung und unterschiedlicher Ausprägung der Uferzone in die Studie mit einbezogen werden.

Damit für eine zukünftige Feldstudie mit genehmigtem Glyphosat-Einsatz auf Neophyten möglichst aussagekräftige Verlustabschätzungen getätigt werden können, sollten Fliessgewässer ohne grössere Vorbelastung mit Glyphosat aus anderen Quellen (landwirtschaftliche Felder, Siedlungsgebiete) ausgewählt werden. Hierzu sollten von orts- und sachkundigen Mitarbeitern des Kanton Aargau Fliessgewässerstandorte ausgewählt werden, die aufgrund von Landnutzungsdaten keine signifikante Glyphosateinträge über behandelte, landwirtschaftliche Felder oder Siedlungsflächen erwarten lassen.

Ausarbeitung von Teilprojekt b:

Auswahl und Charakterisierung von möglichen Versuchsstandorten mit Neophytenbefall und geringer Glyphosat-Hintergrundbelastung

Vorschlag für Auftragsvergabe:

Kanton Aargau, Ansprechpartner: Thomas Gerber und/oder weitere vom Kanton Aargau benannte Personen

4.3. Glyphosatanalysen in den ausgewählten Fließgewässern (Teilprojekt c)

Um bei den ausgewählten Standorten die Glyphosat Hintergrundbelastung erfassen und damit die Auswahlkriterien für die Standorte überprüfen zu können, sollen während möglicher Applikationszeiträume Messungen in abflussproportionalen Fließgewässermischproben auf Glyphosat und AMPA (stabiler Metabolit von Glyphosat) durchgeführt werden.

Ausarbeitung von Teilprojekt c:

Durchführung der Probenahme sowie Analyse der Gewässerproben auf Glyphosat und AMPA.

Vorschlag für Auftragsvergabe:

Bachema AG, Ansprechpartnerin: Nina Bendixen, Tel.: 044 738 39 43, e-mail: bendixen@bachema.ch

Anmerkung: Für die Ausarbeitung des Probenahmekonzepts können von den kantonalen Vertretern (siehe Standortauswahl) und der Eawag (H. Singer, e-mail: singer@eawag.ch) Zusarbeiten angefordert werden.

4.4. Abdrift-Simulation mit Fluoreszenz-Tracern (Teilprojekt d)

Da die Ausbringung von Glyphosat in einer Feldstudie nicht erlaubt wurde, soll die Abdrift von Spritzlösung während einer simulierten Applikation mit Fluoreszenz-Tracern unter praxisnahen Bedingungen an bestehenden Neophytenstandorten im Kanton Aargau durchgeführt werden. Folgende Randbedingungen sollen für die simulierte Applikation eingehalten werden:

- Es liegt eine Ausbringungsbewilligung für den Fluoreszenztracer von den zuständigen Behörden vor.
- Bei der Applikation soll ein Mindestabstand zum Gewässer von 0.5 m nicht unterschritten werden. Die Anwendung sollte nicht vom Gewässer aus erfolgen.
- Die Applikation wird von einer geschulten Person durch eine Rückenspritze mit driftreduzierender Düse bei Windstille an regenfreien Tagen durchgeführt.
- Der Neophytenbestand sollte bei der Applikation eine maximale Wuchshöhe von 50 cm nicht überschreiten, um die Abdriftdistanz möglichst gering zu halten.

- Das Abfüllen der fluoreszenzmittel-haltigen Spritzbrühe, das Reinigen der Spritzgeräte und die Entsorgung der Restbehälter dürfen nicht in Gewässernähe erfolgen.

Um zu überprüfen, welcher Prozentsatz von der applizierten Fluoreszenz-Lösung ins Fliessgewässer gelangt ist, sollen Messungen auf den Fluoreszenz-Tracer im Fliessgewässer vorgenommen werden.

Ausarbeitung von Teilprojekt d:

Teilprojektbeschreibung für die Durchführung der Applikation unter Verwendung eines Fluoreszenz-Tracers sowie die Erfassung der Abdrift ins Gewässer anhand von Messungen.

Vorschlag für Auftragsvergabe:

Syngenta. Ansprechpartner: Norbert Locher, Tel.: +41 44 8558261, email: norbert.locher@syngenta.com

Projektmanagement

Die Ausarbeitung der Teilprojekte sowie die Erstellung eines Zeitplans sollen durch eine Projektleitung initiiert und vorangetrieben werden. Die Einberufung von Projektsitzungen sowie die Gewährleistung des Informationsflusses zwischen allen Projektbeteiligten wird ebenfalls durch die Projektleitung sichergestellt. Die Projektleitung koordiniert die Erstellung eines Abschlussberichtes zu Händen des Auftraggebers.

Vergabe:

Der Kanton Aargau hat hierfür folgendes Institut/Person benannt:

Hintermann & Weber AG, Ansprechpartner: Stefan Birrer, e-mail: birrer@hintermannweber.ch, <http://www.hintermannweber.ch/portrait/team#stefan>

Eawag,
Dübendorf, den 24. Juli 2013



Heinz Singer



Juliane Hollender

Anhang II: Eawag-Versuch – Details zum Versuchsdesign (Stand 10.09.2013)

Die Projekt-Skizze der Eawag (v2 vom 24.07.2013) beschreibt die Zielsetzung und definiert die vier Versuchseinheiten resp. Teilprojekte. Wichtige Rahmenbedingungen, Versuchsansätze und Definitionen sowie die eingeplanten Projektpartner sind ausgewiesen. Die Details der Versuchsanordnung jedoch wurden in den darauffolgenden Wochen zusammen mit den Projektpartnern erarbeitet. In den nachfolgenden Abschnitten werden für jedes der vier Teilprojekte (TP) das festgelegte (resp. geplante) Vorgehen) und die getroffenen Erwägungen dokumentiert.

1. TP A Expositions- und Risikoabschätzung für die Abdrift und die Abschwemmung

Ziel

Erstellung einer Expositions- und Risikoabschätzung für die Abdrift und die Abschwemmung von Glyphosat anhand von Zulassungs-Modellen und -Daten

Geplante Arbeiten

Nach Rücksprache mit Herr Th. Poiger (14.08.2013, 29.08.2013) sieht das Pflichtenheft für das Teilprojekt die folgenden Arbeiten vor:

- Worst-Case-Abschätzung: Verdünnungsrechnungen ermöglichen eine Worst-Case-Abschätzung von Abdrift und Abschwemmung (d.h. Szenario der heutigen Landwirtschaft, ohne spezielle Schutzvorrichtungen), die dem Ergebnis der Tracer-Versuche gegenübergestellt werden kann.
- Die Rahmenbedingungen der Modellierung werden beschrieben
- Die Verdünnungsrechnungen basieren auf einer grossen Menge von Erfahrungswerten aus der «normalen» Landwirtschaft (Abdrift-Eckwert-Tabellen von Rautmann et al.).
- Die veränderbaren Parameter (Aufwandmenge, Abstand zum Gewässer) werden dazu verwendet, einen Vergleich zwischen der Standard-Situation in der Landwirtschaft (ohne erhöhte Schutzanforderungen) und der angestrebten Bekämpfung von Staudenknöterich am Gewässerrand anzustellen.
- Mögliche driftreduzierende Massnahmen sowie Abweichungen zwischen dem Worst-Case-Szenario und der Situation bei der Bekämpfung von Staudenknöterich werden diskutiert.
- Produkt: Kurzbericht mit den Ergebnissen der Hochrechnung der Abdrift und Abschwemmung samt Erläuterungen (verwendete Szenarien, getroffene Annahmen, variierte Parameter, Datenquelle, Referenzen).

2. TP B Auswahl der Versuchsstandorte

Bei der Auswahl der Messstellen resp. Versuchstandorte gilt es zwischen den beiden Teilprojekten C und D zu unterscheiden:

Messstandorte Glyphosat-Analysen (TP C)

Ziel

Die Messungen an den ausgewählten Probestellen vermitteln ein repräsentatives Bild der gesamten Glyphosatfracht im Kanton Aargau (im September).

Definierte Probestellen

Die Probestellen liegen in der Nähe der folgenden hydrometrischen Stationen (± 100 m). An 5 Stationen wird die Gesamtfracht über einen Monat bestimmt (Wochenaufsammlungen), an zwei weiteren Standorten werden zusätzliche Momentaufnahmen der Glyphosatfracht gemacht.

Gewässer	Station mit Koordinate	Gesamtfracht	Momentaufnahme
Bünz	Othmarsingen (658 619 / 250 315)	x	x
Suhre	Suhr (647 084 / 246 534)	x	x
Surb	Döttingen (662 336 / 268 509)	x	
Aabach	Lenzburg (655 708 / 249 100)	x	
Sissle	Eiken (642 035 / 264 714)	x	

Erwägungen

- Die Wyna wird bereits durch das AfU an drei Standorten beprobt.
- Die beprobten Gewässer dürfen nicht zu gross resp. tief sein, damit die Probensammler installiert werden können → Rhein, Aare, Reuss, Limmat kommen nicht in Frage.
- Die Einzugsgebiete der ausgewählten Gewässer sollen wenn möglich zu einem beträchtlichen Teil im Kanton AG liegen: Die ermittelte Gesamtfracht wird mit jenen Glyphosat-Mengen verglichen, die durch allfällig künftige Bekämpfungsmassnahmen an den Gewässern im Kanton Aargau zusätzlich ins Wasser gelangen (TP D). Diesbezüglich ist das Wegfallen der vier Flüsse sogar vorteilhaft (Wasser überwiegend aus anderen Kantonen).
- Die Probestellen müssen in der Nähe von hydrometrischen Stationen liegen, weil die Abflussmenge der Gewässer herangezogen werden muss, um aus den ermittelten Glyphosat-Konzentrationen die absoluten Frachtmengen hochzurechnen.
- Es werden jeweils die untersten Stationen ausgewählt, um einen möglichst grossen Anteil des Abflusses abzudecken.
- Mit den Bächen Wyna (AfU), Bünz, Suhre, Surb, Aabach und Sissle wird das Kantonsgebiet gut abgedeckt; die Variabilität zwischen den Gewässern wird erfasst. Auch der Jura wird mit einem Gewässer abgedeckt.

Standort Tracer-Versuch (TP D)

Ziel

Die Versuchstandorte werden so ausgewählt, dass mittels Tracer-Versuchen die Abdrift von Glyphosat unter verschiedenen Applikationstechniken resp. Schutzmassnahmen simuliert und bestimmt werden kann.

Definierte Probestellen

Es wurde ein Versuchsstandort festgelegt: Suhre bei Muhen.

Erwägungen

- Es wird nur ein Versuchsstandort ausgewählt: Im Vordergrund stehen nicht die unterschiedlichen Ufertypen (Varianz in Abhängigkeit der Uferbeschaffenheit und Gewässertypen) sondern die unterschiedlichen Applikationstechniken.
- Die 4 Treatments (s. TP D) werden also nur in der Zeit und an einem Standort repliziert, nicht aber an mehreren Orten. Replikate an verschiedenen Standorten sind aus Kostengründen nicht möglich.

- Der ausgewählte Abschnitt repräsentiert eine durchschnittliche Aargauer Situation: Kein Blockwurf, kein Flachufer, kein Prallhang usw.
- Mit dem gewählten Steilufer (ca. 40°) bei Muhen wird die Abdrift im Mittel eher überschätzt (konservative Auswahl).

3. TP C Glyphosat-Analysen

Es ist zu unterscheiden zwischen

1. permanenten Messungen zur Bestimmung der Gesamtfracht an Glyphosat und
2. punktuellen Momentanaufnahmen, welche die kurzfristigen zeitlichen Schwankungen abbilden.

Messung der Gesamtfracht

Ziel

Der Schwerpunkt des Aargauer Pilotprojekts liegt bei der Gesamtfracht. Die folgende Frage muss beantwortet werden: Wie gross würde die zusätzliche Belastung ausfallen (im Vergleich zur aktuellen Glyphosatbelastung aus der Landwirtschaft und der Siedlung), wenn dereinst routinemässige Glyphosat-Behandlungen gegen die Staudenknöteriche innerhalb des 3 m-Streifens an Aargauer Fließgewässern stattfinden würden.

Definiertes Vorgehen

- Probenahme zwischen Anfang September (3. Sept.) und Ende Sept. an den 5 festgelegten Bächen / Stellen
- Permanente Probenahme, pegelproportional mit 5 Probensammlern des AfU, montiert und betreut durch die Bachema AG, Schlieren
- Probenahme 2 mal pro Woche
- Analyse von Glyphosat durch Bachema (sowie AMPA und Glufosinat, weil standardmässig mit-analysiert)
- Analyse aller gesammelten Proben separat, d.h. rund 8 Proben pro Standort resp. total 40 Proben
- Zusätzliche Probenahme an der Wyna bis Mitte September durch das AfU, an der Station Suhr evtl. verlängerbar bis Ende September

Erwägungen

- Der Messmonat September entspricht jener Zeitperiode, die für spätere Herbizideinsätze vorgesehen ist: Um die Abdrift durch bodennahes Spritzen zu reduzieren, müssen die Bestände einmal gemäht sein und im Sommer wieder so weit nachwachsen, dass genügend Blattfläche entwickelt ist, um den Wirkstoff aufzunehmen. Der Herbst ist für die Applikation ferner vorteilhaft, weil in dieser Jahreszeit mehr Assimilate – und mit ihnen der Wirkstoff – in die Speicherorgane transportiert werden.
- Um die Gesamtfracht abzuschätzen, muss die Probenahme so weit wie möglich abflussproportional erfolgen (pro m³ Wasser soll eine konstante Probemenge entnommen werden). Mit einer pegelproportionalen Messung, so wie sie im Kanton AG von AfU praktiziert wird, wird diese Vorgabe gut angenähert.
- 6 Probestellen (inkl. Wyne) vermitteln ein gutes Bild der Glyphosatbelastung und der Variabilität zwischen den Gewässern (s. auch TP B).
- Die wöchentlich 2-malige Probenahme ergibt sich aus dem Fassungsvermögen der Probeflächen.

Messung von Momentkonzentrationen

Ziel

Zusätzliche Messungen geben Auskunft über die zeitliche Variabilität der Glyphosat-Konzentrationen. Es handelt sich um eine Zusatzinformation, die mit geringem Aufwand erhoben wird.

Definiertes Vorgehen

- Voraussichtlich Probenahme an zwei Bächen: Suhre bei Suhr und Bünz bei Othmarsingen (innerhalb von 100 m zu den hydrometrischen Stationen).
- je 5 Proben, verteilt über den ganzen Monat September
- Jede entspricht einer Momentaufnahme: Entnahme eines Liters Wasser innerhalb weniger Sekunden.

Erwägungen

- Die Proben werden regelmässig alle paar Tage entnommen. Es soll erlaubt sein, gezielt abweichende Abflussmengen zu nutzen → Nutzen von Hoch- und Tiefwasserereignissen, gemäss Abflussdaten der hydrometrischen Stationen.
- Im Vordergrund steht nicht der Vergleich der Aargauer Bäche, sondern die zeitliche Variabilität. Dennoch garantieren 2 Bäche ein minimales Replikat.

4. TP D Abdrift-Simulation (Tracer-Versuch)

Ziel

Mittels Tracer-Versuchen wird die Abdrift von Glyphosat simuliert und die ins Gewässer eingebrachte Menge unter verschiedenen Applikationsmassnahmen resp. Schutzmassnahmen zuverlässig abgeschätzt.

Zusammenarbeit

Für die Anwendung und Analyse des Tracers wurde uns von H. Singer die Zusammenarbeit mit der Syngenta empfohlen. Das Team von R. Wohlhauser verfügt über jahrelange Erfahrung mit der Methode. Das nachfolgende Vorgehen wurde zusammen mit ihm im Rahmen einer Begehung am 23.8.2013 in Muhen entwickelt:

Definiertes Vorgehen

Die folgenden Vorgaben wurden im Rahmen einer Begehung zusammen mit R. Wohlhauser entwickelt

Versuchsanordnung

- Standort: Suhre bei Muhen, rechtes Ufer (s. TP B)
- Versuchsstrecke: Applikation des Tracer auf 10 m Bachstrecke, zwischen Meter 1 und 3 von der Wasserlinie (10 x 2 m Fläche); nicht darüber hinaus, weil die Applikation in diesem Bereich gem. ChemRRV zulässig ist.
- Behandlungen: 2 Driftreduzierende Massnahmen in Kombination angewendet ergeben 4 unterschiedliche Treatments (2 x 2):
- 1. Massnahme: Spritzen vom nicht behandelten 1 m-Streifen am Ufer aus gegen den behandelten Staudenknöterich-Bestand (mit gebogener Lanze). Es wird erwartet, dass durch den vom Bach weg gerichteten Strahl weniger Tröpfchen das Wasser erreichen.
- 2. Massnahme: Aufstellen einer senkrechten Schutzwand (ca. 5 m lang, 2.5 m hoch, saugfähiges Vlies) zwischen Wasserlinie und gespritztem Bestand, permanent so verschoben, dass sich die Spritzwolke optimal gegen den Bach abgeschirmt wird.

- Replikation: 5 Wiederholungen pro Treatment → 20 Wiederholungen über eine Dauer von ca. 4 Tage (Zielwert)
- Verwendeter Tracer: Fluoreszenztracer Uvitex® OB (ein Pulver), in formulierter, flüssiger Form angewendet. Es handelt sich um einen sehr stabilen Stoff, der im Rahmen des Versuchs in einer Menge von total nur wenigen ml ausgebracht wird.
- Weitere Parameter: Windrichtung und -stärke permanent gemessen
- Messen des Winds mittels Spion (Windstärke und Richtung): Permanent beobachtet von Begleiter, Unterbruch der Applikation bei Warnung
- Start (geplant): 13.9.2013, aber wetterabhängig
- wenn möglich Ausführen jeweils aller 4 Treatments direkt hintereinander an einem Tag / Halbtage, mit ca. 30 Minuten Wartezeit zwischen zwei Versuchen (Abtrocknen der Vegetation)

Anwendung und Analytik des Tracers

- Probenahme bei ca. 20 - 30 cm über dem Wasser:
 - Fliesspapierstreifen (2.5 cm breit) auf Holzlatten quer zum Bach
 - vom rechten Ufer (0 cm) bis zum linken Ufer (ca. 5 m),
 - Streifen / Latten im Abstand von 2 m → 6 Streifen auf 10 m Applikationsstrecke
 - zusätzlich je 2 Kontrollstreifen im Abstand von 2 m ober- und unterhalb der Applikationsstrecke (Messung der Drift parallel zum Bach).
- Ergibt rund 800 Proben: 4 Treatments, 5 Wiederholungen, 8 Streifen à 5 differenzierte Abschnitte (50 cm, 50 cm, 1 m, 1 m, Rest), plus Kontrollstreifen ohne Differenzierung oberhalb und unterhalb Applikationsstrecke → rund 1.5 Labortage
- Tank(Null)-Proben in Fläschchen nach jedem neuen Mischen des Tracers (Kontrolle auf korrekte Konzentration)
- Schutzmassnahmen gegen Kontamination der Probestreifen: Von R. Wohlhauser vorzugeben
- Analytik: Gemäss den erprobten Methoden bei der Syngenta

Nicht variable Rahmenbedingungen

- Applikation nur bei geringer Höhe über Boden: ca. 80 cm, bei einer Vegetationshöhe von 50 cm bis knapp 80 cm (vorgängig gemäht).
- Applikation nur bei annähernder Windstille und trockener Witterung
- Applikation nur mit drift- resp. druckreduzierenden Düsen
- Vorgaben Verwendung Schutzvlies: Kein Abperlen und Abtropfen auf den Boden am Gewässer- rand (< 1 m) zulässig, ggf. Installieren einer Auffangrinne. Nach Auskunft. Gemäss R. Wohlhauser kann es aber auch bei starker Abdrift nicht zum Abperlen kommen, da rasches Abtrocknen.

Details der Organisation

- Benötigtes Material:
 - leichten Holzlatten, um das Fliesspapier zu verlegen
 - Hilfsmaterial: Malerband, Tucker, Gummihandschuhe, Säge, Modelliermasse
 - Schutzvlies ca. 5 x 2.5 m
 - Spion (Windstärke und -richtung)
 - Fliesspapier, Tracer inkl. definitive Mischformel, Kanister, Feuchtheitsmesspapier (macht Drift grob sichtbar), Fläschchen für Tank(Null)-Proben, Döschen für Proben → von Syngenta organisiert
- Benötigtes Personal:
 - Spitz-Fachmann (Gewässerunterhalt Reusstal)

- R. Wohlhauser (mind. 1 Tag, danach einer seiner MA)
- 1 Person ALG (Th. Gerber)
- ca. 3 weitere Hilfskräfte (Praktikanten/Zivis, Gewässerunterhalt Reusstal): Probenahme vorbereiten und Proben sammeln, Schutzvlies halten, dokumentieren (Windmessung, fotografieren) usw.

Erwägungen

Die folgenden Varianten des Versuchs wurden verworfen:

- Verwenden eines Gleichstrom-Ventilator zur Minderung der Abdrift: Kaum praxistauglich (Stromversorgung, zwingender Einsatz vom Wasser aus) und Gefahr von Verwirbelungen des Spritzmittels.
- Probenahme im Wasser: Mittels Probenahme im Wasser (Konzentrationsbestimmung) kann die gesamte Abdrift kaum zuverlässig quantifiziert werden. Voraussetzung wäre, das Wasser oberhalb der Probenahme gut zu verrühren. Dies ist aber äusserst schwierig.
- Variieren der Windstärke, der Spritzgeräte (mit vs. ohne Driftreduktion) sowie der Applikationshöhe: Prioritär soll ermittelt werden, wie gross die Abdrift unter den realen Bedingungen einer späteren Applikation ist, d.h. mit hohen Anforderungen an die Schutzmassnahmen. Es soll nicht gezeigt werden, dass mehr Wind, schlechtere Spritzen und grössere Höhe über Boden zu zusätzlicher Abdrift führen. Dies ist hinlänglich belegt.

5. Abweichungen von der Projektskizze H. Singer

In einigen Punkten weicht das aktuelle Versuchsdesign von den Angaben in der Projektskizze der Eawag (H. Singer) ab:

- Bekämpfung von invasiven Neophyten: In der Skizze wird die Bekämpfung «invasiven Neophyten» erwähnt. Gemeint sind damit einzig die asiatischen Staudenknöterich-Arten.
- Anzahl Standorte Tracer-Versuch: Die Projektskizze geht von mehreren Standorten für die Tracer-Versuche aus. Neu stehen die Varianten der Applikation im Vordergrund, die ihrerseits zu replizieren sind. Die durch den Gewässertyp verursachte Variation kann nicht auch noch berücksichtigt werden. Es wird die Annahme getroffen, dass die Ergebnisse zwischen den einzelnen Durchgängen (Wind!) und zwischen den vier Treatments stärker variieren als zwischen unterschiedlichen Typen von Gewässern und Ufern. Die Suhre ist ein Modellbach, der für alle anderen Aargauer Bäche stehen soll.
- Mindestabstand zum Gewässer. Der in der Skizze erwähnte Minimalabstand von 0.5 m beträgt im Tracer-Versuch 1 m.
- Messungen des Fluoreszenz-Tracers im Fliessgewässer: Es werden keine Messungen im Gewässer vorgenommen. Im Wasser (Konzentrationsmessung) lässt sich die Gesamtmenge des ausgebrachten Tracers nicht zuverlässig bestimmen. Der Tracer muss deshalb knapp über dem Gewässer aufgefangen und die Quantität im Labor analysiert werden.

6. Kostenschätzung

TP / Arbeitsschritt	Arbeiten	Kosten (Fr.)	Bemerkungen
TP A Risikomodell	Modellierung Agroscope Changins-Wädenswil-	-	Noch keine Angaben von Hrn. Poiger erhalten; wahrscheinlich ohne Rechnungstellung
TP B Auswahl Standorte		-	Arbeiten Th. Gerber
TP C Glyphosat-Hintergrund	Bachema: Installation Probensammler	3'000.-	Vorbereitung und Installation / Demontage Sampler; Offerte von 04.09.2013
	Bachema: Probenahme	5'400.-	Offerte Bachema: Annahme: 5 zusätzliche Messstellen (zu Wyna); Offerte von 04.09.2013
	Bachema: Analytik 5	13'090.-	Offerte Bachema: Annahme 8 Proben pro Stelle separat analysiert, pegelproportional → 40 Proben à 350.- Fr. (15 % Rabatt); Offerte von 04.09.2013; plus 4 Proben Wyna
	Bachema: Analytik 8 Momentanmessungen	2'380.-	Probenahmen für die Momentaufnahmen der Konzentration ; Offerte von 04.09.2013
TP D Tracer-Versuch	Syngenta: Arbeiten im	2'750.-	1 Tag Herr Wohlhauser, ein zweiter Tag ein anderer MA
	Syngenta: Labor	2'250.-	Labortag à 1'500.- Fr., ca. 1.5 Tage
	Begleitung Arbeiten: Angestellte Kt. AG, Zivis, Material	8'000.-	Begleitung Th. Gerber, 1 Person Spritzen, diverse Hilfskräfte; total ca. 3–4 d
Projektleitung H&W	Fachliche Arbeiten	2'500.-	
	Eigentliche PL	4'650.-	
	Schlussbericht	2'500.-	Grobe Schätzung, abhängig Aufwand für weitere Recherchen und Hochrechnungen
Begleitung Eawag	Arbeiten H. Singer	-	Gegenlesen Schlussbericht
Total exkl. MwSt		45'925.-	
MwSt 8 %		3'674.-	
Total inkl. MwSt		49'599.-	

7. Terminplan

Arbeitsschritt	Start	Ende	Bemerkungen
Bewilligungen	-	-	Keine Bewilligungen für Simulation nötig
Stichprobenkonzept zu TP C und D	15.08.	25.08.	1. Probenetz Hintergrundbelastung Glyphosat 2. Design Tracer-Versuch an der Suhre
TP A Risikomodell	ca. 01.09.	30.11.	Autonom laufend; nur wenige Rahmenbedingungen zu definieren
TP B Auswahl Standorte	14.08.	20.08.	Nicht möglich vor der Festlegung Stichprobenkonzept, aber für den fall von N=1 Probestelle schon erfolgt (Th. Gerber): Suhre bei Muhen
TP C Glyphosat-Hintergrund	03.09.	30.09.	Messungen wenn möglich über den ganzen Monat; Aufbau der Probensammler am 03.09. durch Bachema
TP D Tracer-Versuch	23.09.	31.08	Vorbereitung Tracer-Versuch
	13.09.	30.09.	Durchführung wenn möglich innerhalb einer Woche, aber wetterabhängig

Anhang III: Ergebnis der Expositions- und Risikoabschätzung von Th. Poiger



Erfassung und Bewertung der Gewässerbelastungen mit Glyphosat bei der chemischen Bekämpfung von Asiatischen Staudenknöterichen an Gewässern im Kanton Aargau anhand von Fluoreszenz-Tracern – eine Pilotstudie

Teilprojekt (a): Expositions- und Risikoabschätzung

Wädenswil, 11.02.2014, Thomas Poiger

1 Einführung und Zielsetzung

Die Ausbreitung von invasiven Neophyten wie dem japanischen Staudenknöterich (*Fallopia japonica*) entlang von Gewässern stellt in der Schweiz zunehmend ein Problem dar, insbesondere da die chemische Bekämpfung derzeit nach ChemRRV innerhalb eines Streifens von 3 m entlang von Gewässern nicht erlaubt ist. Diese Pilotstudie soll die möglichen Risiken für aquatische Organismen im Zusammenhang mit der Applikation von Glyphosat-haltigen Herbiziden zur Bekämpfung von Neophyten in Gewässernähe charakterisieren.

Ziel des Teilprojektes ist die Abschätzung der Gewässerbelastung durch die Herbizidbehandlung von japanischem Staudenknöterich in Gewässernähe unter ungünstigen Bedingungen (kleines Gewässer, geringer Abfluss, Applikation auch bei relativ ungünstigen Windbedingungen, keine technischen Massnahmen zur Abdriftminderung). Die Abschätzungen basieren weitgehend auf Expositionsmodellen, die auch bei der Risikobeurteilung im Rahmen der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln verwendet werden. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen sind jedoch nicht als offizielle Haltung der Zulassungsstelle des BLW oder von Agroscope zur Anwendung von Herbiziden in Gewässernähe zu interpretieren.

2 Abschätzung der Gewässerbelastung durch Behandlung des japanischen Staudenknöterichs im Uferbereich

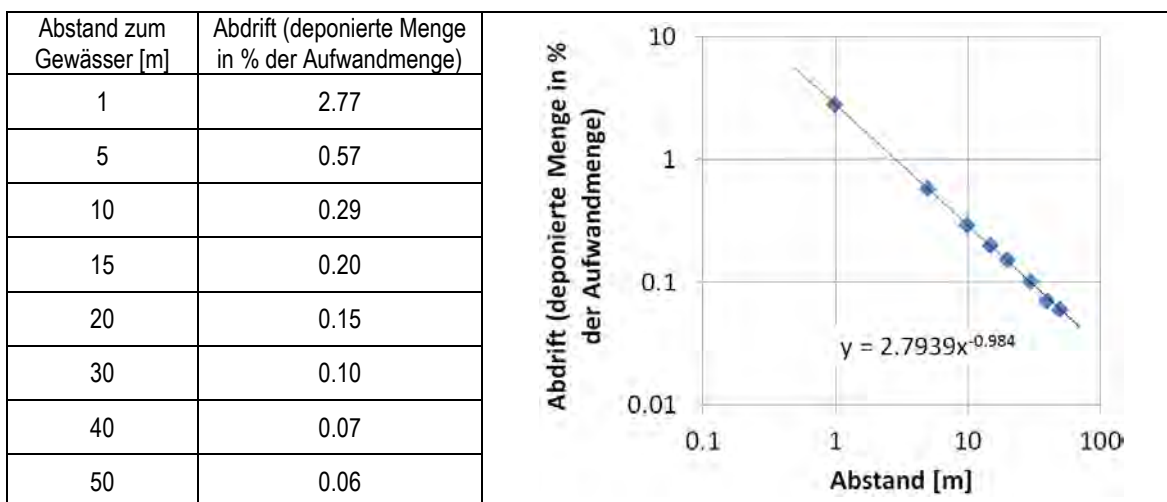
2.1 Eintragswege ins Gewässer

Glyphosat kann einerseits während der Applikation durch Abdrift (d.h. durch Abtreiben eines geringen Teils der Spritzbrühe) ins Gewässer gelangen, oder nach der Applikation während Regenereignissen durch oberflächliche Abschwemmung (Runoff). Da die Einträge zu unterschiedlichen Zeitpunkten geschehen, kann die Risikobeurteilung für die beiden Prozesse separat erfolgen.

2.2 Gewässerbelastung durch Abdrift (realistic worst-case)

Bei der Risikobeurteilung von Pflanzenschutzmitteln in der EU-Wirkstoffprüfung und mehrheitlich auch in der nationalen Zulassung die sog. Abdrifteckwerte nach Rautmann et al. [1] verwendet. Die tabellierten Werte basieren auf umfangreichen Messungen mit konventioneller Ausrüstung unter verschiedensten Bedingungen und entsprechen dem 90sten Perzentil aller gemessenen Abdriftwerte (Tabelle 1). Für die vorgesehene Anwendung sind die Eckwerte für tragbare Spritz- und Sprühgeräte (Kulturhöhe <50 cm) zu verwenden. In 1 m Gewässerabstand ist unter ungünstigen Bedingungen mit 2.77% Abdrift zu rechnen (d.h. 2.77% der Aufwandmenge wird auf der Wasseroberfläche deponiert).

Tabelle 1: Abdrifteckwerte nach Rautmann et al. [1] für tragbare Spritz- und Sprühgeräte für eine Kulturhöhe <50 cm. Rechts sind die gleichen Werte in einer doppelt logarithmischen Grafik dargestellt, zusammen mit der gefitteten Potenzfunktion.



Die Aufwandmengen, die für die landwirtschaftlichen Anwendungen von glyphosathaltigen Herbiziden bewilligt sind, liegen zwischen 0.7 und 3.5 kg Glyphosat/ha (entsprechend 0.07 bis 0.35 g Glyphosat/m²). Gemäss Schlussbericht zum Pilotversuch zur Bekämpfung des japanischen Staudenknöterichs im Auftrag des BAFU [2] sind die für eine effektive Bekämpfung notwendigen Aufwandmengen höher. Deshalb wurden die nachfolgenden Berechnungen für verschiedene Aufwandmengen durchgeführt.

Die Berechnung der im ungünstigen Fall erwarteten Konzentrationen in Oberflächengewässern (predicted environmental concentration in surface waters, PEC_{SW}) basiert auf dem Standard-Szenario für Gewässer bei trockener Witterung (30 cm tiefer Graben, stehend). Die PEC-Werte sind in Tabelle 2 für einen Gewässerabstand von 1 m angegeben.

Tabelle 2: Berechnung der Abdrift und der resultierenden Konzentrationen im Gewässer für einen Abstand von 1 m (Projektvorgabe) unter Annahme verschiedener Aufwandmengen.

Gewässerabstand	1 m			
Abdrift	2.77%			
Aufwandmenge (kg Glyphosat/ha)	1.5 a)	3.1 b)	15 c)	46 d)
deponierte Menge am Gewässerrand	4.2 mg/m ²	8.6 mg/m ²	42 mg/m ²	127 mg/m ²
Konzentration im Gewässer (30 cm tief, stehend)	14 µg/L	29 µg/L	139 µg/L	425 µg/L

- a) typische landwirtschaftliche Aufwandmenge (gegen mehrjährige Dicotyledonen)
- b) tiefste Dosierung im Pilotversuch bei Spritzapplikation (Aufwandkonzentration 2%)
- c) mittlere Dosierung im Pilotversuch bei Spritzapplikation (Aufwandkonzentration 10%)
- d) höchste Dosierung im Pilotversuch bei Spritzapplikation (Aufwandkonzentration 30%)

2.3 Gewässerbelastung durch Abschwemmung (realistic worst-case)

Die Berechnung der Gewässerbelastung durch Abschwemmung von behandelten Parzellen (Runoff) basiert in der Schweiz derzeit auf dem auch in Deutschland verwendeten Modell Exposit (derzeit Version 3.01) [3]. Die wesentlichen Parameter in diesem Szenario sind:

- behandelte Parzelle von 100 m x 100 m (1 ha) entlang eines Wassergrabens (1 m breit, 30 cm Wassertiefe → Wasservolumen 30 m³)
- Niederschlag: 20 mm in 24 h, davon 9 mm in 15 min
- 50% des Niederschlags fließen oberflächlich als Runoff ab (10 mm x 1 ha = 100 m³)
- Gewässer fließt leicht, was zur Verdünnung um 50% führt → Gesamtvolumen 260 m³
- nur ein Teil der applizierten Herbizidmenge gelangt auf den Boden und ist für Abschwemmung verfügbar (worst-case Annahme: 50%)
- 0.5% der Runoff-verfügbaren Menge werden abgeschwemmt (worst-case-Wert aus Modellversion 2.01, in der aktuellen Version werden tiefere Werte, abgestuft nach Sorptionseigenschaften des Wirkstoffes verwendet)

Für die Beurteilung der Belastung durch die Bekämpfung von japanischem Staudenknöterich muss dieses Szenario jedoch angepasst werden. Einerseits ist die behandelte Fläche deutlich schmaler (ca. 1 Meter statt 100 m wie im Standard-Szenario). Wegen der Nähe zum Gewässer dürfte andererseits der Anteil, der abgeschwemmt wird, deutlich höher sein. Die resultierenden PEC_{SW}-Werte sind in Tabelle 3 gegenübergestellt.

Tabelle 3: Berechnung des Glyphosat-Eintrags durch oberflächliche Abschwemmung in ein kleines Fließgewässer für die Anwendung auf einer landwirtschaftlichen Parzelle (Standardszenario) resp. adaptiert für die Anwendung auf einem schmalen Streifen in Gewässernähe sowie die daraus resultierenden PEC_{SW}-Werte.

	Standardszenario	adaptiertes Szenario			
Aufwandmenge (kg Glyphosat/ha) ¹⁾	1.5	1.5	3.1	15	46
Fläche, auf die appliziert wird	1 ha (100 m x 100 m)	0.01 ha (1 m x 100 m)			
Anteil der applizierten Menge, der auf den Boden gelangt und damit für Abschwemmung verfügbar ist	50%				
Anteil, der vom Boden abgeschwemmt wird	0.5%	50%			
Total abgeschwemmte Menge (g)	3.75	3.75	7.75	37.5	115
Wasservolumen (Graben, 30 cm tief, 100 m lang, 1 m breit, leicht fließend)	260 m³				
Konzentration im Gewässer (PEC _{SW})	14 µg/L	14 µg/L	30 µg/L	144 µg/L	442 µg/L

1) siehe dazu Fussnoten in Tabelle 2

2.4 Worst-case Charakter der verwendeten Szenarien und risikomindernde Faktoren

Der berechnete Gewässereintrag durch Abdrift basiert auf der Annahme, dass für die Applikation Standard-Ausrüstung eingesetzt und auch bei mässigem Wind noch gespritzt wird. Die reale Gewässerbelastung könnte bedeutend gesenkt werden durch:

- Einsatz von Spritzschirmen und physikalischen Barrieren zwischen Knöterichbestand und Gewässer
- Verwendung von Spritzgeräten mit abdriftmindernden Düsen (Abdriftreduktion je nach Düsentyp 50 - 90%)
- Spritzen nur bei günstiger Windrichtung

Damit diese Massnahmen in der Praxis tatsächlich funktionieren, müssen die Anwender für die besondere Situation in Gewässernähe sensibilisiert und in der Anwendung speziell geschult sein.

Anders als im (stehenden) Modellgewässer, das für die Risikobewertung verwendet wird, ist an *Fliessgewässern* ausserdem nur mit einer sehr kurzzeitigen lokalen Belastung durch Abdrift während der Dauer der Applikation zu rechnen.

Die Gewässerbelastung durch Abschwemmung kann durch technische Massnahmen kaum beeinflusst werden. Die in Abschnitt 2.3 berechneten PEC_{SW} sind (bei gleicher Aufwandmenge) vergleichbar mit denjenigen aus normaler landwirtschaftlicher Anwendung. Zwar ist zu erwarten, dass ein grösserer Anteil der für Abschwemmung verfügbaren Menge ins Gewässer gelangt, hingegen ist die Fläche, von der potentiell Abschwemmung erfolgen könnte, kleiner. In der Praxis dürften die Konzentrationen eher unter den berechneten PEC_{SW} liegen, da

- bei Applikation mit Rückenspritze mit Spritzschirm weniger als 50 % der applizierten Menge auf den Boden gelangen dürfte und damit Runoff-verfügbar wäre,
- nicht zu erwarten ist, dass ein Knöterichbestand über die gesamte Flieisstrecke vorhanden ist,
- die Verdünnung in *Fliessgewässern* bei Regen eher grösser sein dürfte als im verwendeten Szenario

Bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in unmittelbarer Gewässernähe muss ausserdem ein weiterer Eintragsweg berücksichtigt werden: steigt der Wasserspiegel bei starkem Niederschlag an, kann es sein, dass die behandelte Fläche überschwemmt wird und Glyphosat durch das Gewässer selbst mobilisiert wird. Wie in Tabelle 3 aufgeführt, wurde für die PEC-Berechnung bereits angenommen, dass 50% der Runoff-verfügbaren Glyphosat-Menge abgeschwemmt wird. Bei einer Überschwemmung dürfte wohl eher mehr Glyphosat mobilisiert werden, sodass die Fracht vermutlich höher wäre. Gleichzeitig wäre dann auch die Verdünnung durch den höheren Abfluss grösser, was insgesamt nicht zu höheren Konzentrationen führen dürfte. Da Glyphosat gut von den Pflanzen aufgenommen wird, ist kaum mit Abschwemmung von der Pflanzenoberfläche zu rechnen.

Die für Abschwemmung verfügbare Glyphosat-Menge ist ausserdem abhängig von der Zeit, die zwischen Applikation und erstem Regenereignis vergeht. Glyphosat wird im Boden mit Halbwertszeiten von 5 - 95 Tagen (Mittelwert 35 Tage) abgebaut [4]. Je mehr Zeit zwischen Applikation und Niederschlag vergeht, desto geringer ist die Runoff-verfügbare Menge im Boden und entsprechend geringer sind die zu erwartenden Konzentrationen im Gewässer.

3 Beurteilung der Gefährdung von aquatischen Lebewesen

3.1 Qualitätskriterien für Oberflächengewässer

In der Schweiz besteht derzeit kein numerischer Anforderungswert oder Grenzwert spezifisch für Glyphosat in Oberflächengewässern. Es gilt lediglich der in der Gewässerschutzverordnung generell für organische Pestizide festgelegte Wert von 0.1 µg/L, mit dem Vorbehalt anderer Werte aus dem Zulassungsverfahren. In einer im Jahr 2012 erschienenen Arbeit wurde für Glyphosat eine Regulatory Acceptable Concentration (RAC) von 50 µg/L abgeleitet [5]. Diese Konzentration soll weder kurz- noch langfristig überschritten werden.

In mehreren EU-Mitgliedstaaten wurden oder werden derzeit sog. Environmental Quality Standards (EQS-Werte) für Pestizide in Oberflächengewässern abgeleitet, u.a. auch für Glyphosat. In UK wurde ein ausführlicher Bericht zur Ableitung des EQS im Internet veröffentlicht [6]. Die zuständige Expertenkommission verwendete zwei unterschiedliche Methoden zur Ableitung und errechnete für kurzzeitige Belastung EQS-Werte von 84 resp. 398 µg/L und für chronische Belastung Werte von 33 resp. 196 µg/L.

In einer Arbeit, die im Mai 2013 an der Jahresversammlung der SETAC Europe vorgestellt wurde, wurden die in 7 EU-Mitgliedstaaten abgeleiteten EQS-Werte für Glyphosat verglichen [7]. Dabei zeigte sich, dass je nach Einschätzung der Experten unterschiedliche Studien für die Ableitung des EQS verwendet wurden und unterschiedliche Sicherheitsfaktoren zur Anwendung kamen. Deshalb variieren die EQS-Werte für *chronische* Belastung im Bereich von 11 bis 196 µg/L (maximal zulässige jährliche Durchschnittskonzentration; Einzelwerte siehe Tabelle 4). In allen Fällen wurde mindestens ein Sicherheitsfaktor von 10 verwendet um den EQS-Wert zu berechnen [7].

3.2 Vergleich PEC – EQS resp. RAC

Die in den Abschnitten 2.2 und 2.3 berechneten PEC-Werte sind in Tabelle 4 den EQS-Werten gegenübergestellt. Die für worst-case-Bedingungen berechneten Konzentrationen im Gewässer liegen bei einer für landwirtschaftliche Anwendung typischen Aufwandmenge von 1.5 kg/ha unter den EQS-Werten für akute Belastung. Dies gilt auch für die tiefste Dosierung von 3.1 kg/ha, die im Pilotversuch zur Bekämpfung des Japanischen Staudenknöterichs eingesetzt wurde [2]. Bei den höheren Dosierungen sowohl die EQS-Werte für akute Belastung als auch der RAC-Wert von 50 µg/L überschritten.

Die EQS-Werte für chronische Belastung sind für die betrachtete Situation zwar nicht repräsentativ, da die Gewässerbelastung durch die Behandlung von japanischem Staudenknöterich an Fließgewässern relativ kurzzeitig auftritt. Dennoch werden mit einer Ausnahme auch diese Werte mit der typischen landwirtschaftlichen Aufwandmenge eingehalten.

Tabelle 4: Vergleich der (worst-case) PEC-Werte für die Eintragswege Abdrift und Runoff unter Annahme verschiedener Aufwandmengen mit den in verschiedenen EU-Mitgliedstaaten abgeleiteten EQS-Werten für kurzzeitige (akute) resp. längerfristige (chronische) Belastung.

Aufwandmenge	1.5 kg/ha	3.1 kg/ha	15 kg/ha	46 kg/ha	akut	chronisch
Eintragsweg	PEC _{SW}				EQS-Werte	
Abdrift	14 µg/L	29 µg/L	139 µg/L	425 µg/L	84; 398 µg/L	11; 20; 28; 36; 65; 100; 196 µg/L
Runoff	14 µg/L	30 µg/L	144 µg/L	442 µg/L		

4 Schlussfolgerungen

Die potentielle Gewässerbelastung bei der Behandlung von japanischem Staudenknöterich im Uferbereich wird durch diverse Faktoren beeinflusst, u.a. den Abstand zum Gewässer, die Höhe der behandelten Pflanzen und die Aufwandmenge. Im Projekt ist vorgesehen, dass die Knöterichbestände vor der Behandlung gemäht werden und die neu aufwachsenden Triebe bei einer Wuchshöhe von maximal 50 cm behandelt werden. Ausserdem ist ein Gewässerabstand von mindestens 1 m einzuhalten. Unter diesen Voraussetzungen, die auch den Berechnungen zugrunde liegen, lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Mit den in der landwirtschaftlichen Anwendung von Glyphosat üblichen Aufwandmengen von ca. 1.5 kg Glyphosat/ha ist, bezüglich Gewässerorganismen, eine sichere Anwendung auch ohne besondere Vorkehrungen zur Verminderung von Abdrift und Abschwemmung grundsätzlich möglich.
- Dies gilt auch für die im Pilotversuch zur Bekämpfung des Japanknöterichs [2] avisierte, tiefste Aufwandmenge von 3.1 kg Glyphosat/ha.
- Bei höheren Aufwandmengen sind Massnahmen zur Reduktion der Einträge zwingend notwendig, wobei die höchste im Pilotversuch geprüfte Aufwandmenge von 46 kg Glyphosat/ha aus Sicht des Gewässerschutzes nicht vertretbar ist.
- Aufgrund der Nähe zum Gewässer sollten auf jeden Fall Massnahmen ergriffen werden, um die Abdrift zu minimieren. Ausserdem sollten die Verluste bei der Applikation auf den Boden so gering wie möglich gehalten werden, um die für Abschwemmung verfügbare Menge zu minimieren.

5 Referenzen

1. Rautmann, D., M. Streloke, and R. Winkler, *New basic drift values in the authorization procedure for plant protection products*, in *Workshop on Risk Assessment and Risk Mitigation Measures in the Context of the Authorization of Plant Protection Products (WORMM)*. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch., R. Forster and M. Streloke, Editors. 2001: Berlin. p. 133-141.
2. Bollens, U. and D. Fischer, *Pilotversuch zur Bekämpfung des Japanknöterichs: Schlussbericht 2012*, 2012, Baudirektion des Kantons Zürich.
3. Grossmann, D., *Konzept zur Bewertung des Eintrags von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächen- und Grundwasser unter besonderer Berücksichtigung des Oberflächenabflusses (Dokumentation zum Modell EXPOSIT)*, 2008: Umweltbundesamt – Einvernehmensstelle Pflanzenschutzgesetz, Dessau.
4. Giesy, J.P., S. Dobson, and K.R. Solomon, *Ecotoxicological risk assessment for Roundup herbicide*. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 2000. **167**: p. 35-120.
5. Knauer, K. and O. Félix, *Pflanzenschutzmittel und Oberflächengewässer: praxisnahe Schutzmassnahmen*. Agrarforschung Schweiz, 2012. **3**(11-12): p. 532-537.
6. Maycock, D., M. Crane, C. Atkinson, and I. Johnson, *Proposed EQS for Water Framework Directive Annex VIII substances: glyphosate (For consultation)*, 2010, Water Framework Directive - United Kingdom Technical Advisory Group (WFD-UKTAG).
7. Junghans, M., S. von Arb, P. Whitehouse, and I. Johnson, *Variability in Environmental Quality Standards – how much is there and what are the causes?*, in *SETAC Europe Annual Meeting 2013*: Glasgow.

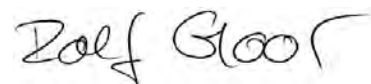
Anhang IV: Ergebnis der Wasseranalysen der Bachema AG

Schlieren, 30. Oktober 2013
SSHintermann & Weber AG
Austrasse 2a
4153 Reinach BL

Untersuchungsbericht

Objekt: Glyphosat-AnalysenBachema AG
Rütistrasse 22
Postfach
CH-8952 SchlierenTelefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.chChemisches und
mikrobiologisches
Labor für
die Prüfung von
Umweltproben
(Wasser,
Boden, Abfall)
Akkreditiert nach
ISO 17025/STS
Nr.064

Auftrags-Nr. Bachema	20136178
Proben-Nr. Bachema	28007-28013, 28314-28318, 28918-28924, 29221-29225, 29917-29924, 30258-30263, 31006-31013, 31222-31227
Tag der Probenahme	05. September 2013 - 30. September 2013
Eingang Bachema	05. September 2013 - 30. September 2013
Probenahmeort	verschiedene Orte
Entnommen durch	M. Aegerter, Bachema AG N. Bendixen, Bachema AG C. Keller, Bachema AG G. Schacht, Bachema AG
Auftraggeber	Hintermann & Weber AG, Austrasse 2a, 4153 Reinach BL
Rechnungsadresse	Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Zentrale Rechnungsstelle, 5001 Aarau
Rechnung zur Visierung	Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abt. Landschaft+Gewässer, T. Gerber, 5001 Aarau
Bericht an	Hintermann & Weber AG, S. Birrer, Austrasse 2a, 4153 Reinach BL
Bericht per e-mail an	Hintermann & Weber AG, S. Birrer, birrer@hintermannweber.ch

Freundliche Grüsse
BACHEMA AGRolf Gloor
Ing. Chem. HTL

Objekt: Glyphosat-Analysen
Auftraggeber: Hintermann & Weber AG
Auftrags-Nr. Bachema: 20136178

Probenübersicht

Bachema-Nr.	Probenbezeichnung	Probenahme / Eingang Labor
28007	W Suhre Suhr	05.09.13 / 05.09.13
28008	W Suhre Suhr Momentprobe	05.09.13 / 05.09.13
28009	W Bünz Othmarsingen	05.09.13 / 05.09.13
28010	W Bünz Othmarsingen Momentprobe	05.09.13 / 05.09.13
28011	W Aabach Lenzburg	05.09.13 / 05.09.13
28012	W Surb Döttingen	05.09.13 / 05.09.13
28013	W Sissle Eiken	05.09.13 / 05.09.13
28314	W Sissle Eiken	09.09.13 / 09.09.13
28315	W Surb Döttingen	09.09.13 / 09.09.13
28316	W Aabach Lenzburg	09.09.13 / 09.09.13
28317	W Suhre Suhr	09.09.13 / 09.09.13
28318	W Bünz Othmarsingen	09.09.13 / 09.09.13
28918	W Bünz Othmarsingen	12.09.13 / 12.09.13
28919	W Bünz Othmarsingen Momentprobe	12.09.13 / 12.09.13
28920	W Suhre Suhr	12.09.13 / 12.09.13
28921	W Suhre Suhr Momentprobe	12.09.13 / 12.09.13
28922	W Surb Döttingen	12.09.13 / 12.09.13
28923	W Sissle Eiken	12.09.13 / 12.09.13
28924	W Aabach Lenzburg	12.09.13 / 12.09.13
29221	W Suhre Suhr	16.09.13 / 16.09.13
29222	W Aabach Lenzburg	16.09.13 / 16.09.13
29223	W Sissle Eiken	16.09.13 / 16.09.13
29224	W Bünz Othmarsingen	16.09.13 / 16.09.13
29225	W Surb Döttingen	16.09.13 / 16.09.13
29917	W Suhre Suhr	19.09.13 / 19.09.13
29918	W Suhre Suhr Momentprobe	19.09.13 / 19.09.13
29919	W Bünz Othmarsingen	19.09.13 / 19.09.13
29920	W Bünz Othmarsingen Momentprobe	19.09.13 / 19.09.13
29921	W Aabach Lenzburg	19.09.13 / 19.09.13
29922	W Surb Döttingen	19.09.13 / 19.09.13
29923	W Sissle Eiken	19.09.13 / 19.09.13
29924	W Wyna Suhr	19.09.13 / 19.09.13
30258	W Sissle Eiken	23.09.13 / 23.09.13
30259	W Bünz Othmarsingen	23.09.13 / 23.09.13
30260	W Aabach Lenzburg	23.09.13 / 23.09.13
30261	W Suhre Suhr	23.09.13 / 23.09.13
30262	W Wyna Suhr	23.09.13 / 23.09.13
30263	W Surb Döttingen	23.09.13 / 23.09.13
31006	W Wyna Suhr	26.09.13 / 27.09.13
31007	W Bünz Othmarsingen Momentprobe	26.09.13 / 27.09.13
31008	W Suhre Suhr Momentprobe	26.09.13 / 27.09.13
31009	W Sissle Eiken	26.09.13 / 27.09.13
31010	W Aabach Lenzburg	26.09.13 / 27.09.13
31011	W Surb Döttingen	26.09.13 / 27.09.13
31012	W Suhre Suhr	26.09.13 / 27.09.13

Bachema AG
Rütistrasse 22
Postfach
CH-8952 Schlieren

Telefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.ch

Chemisches und
mikrobiologisches
Labor für
die Prüfung von
Umweltproben
(Wasser,
Boden, Abfall)
Akkreditiert nach
ISO 17025/STS
Nr.064

Objekt: **Glyphosat-Analysen**
Auftraggeber: Hintermann & Weber AG
Auftrags-Nr. Bachema: 20136178

Bachema-Nr.	Probenbezeichnung	Probenahme / Eingang Labor
31013 W	Bünz Othmarsingen	26.09.13 / 27.09.13
31222 W	Wyna Suhr	30.09.13 / 30.09.13
31223 W	Sissle Eiken	30.09.13 / 30.09.13
31224 W	Aabach Lenzburg	30.09.13 / 30.09.13
31225 W	Surb Döttingen	30.09.13 / 30.09.13
31226 W	Suhre Suhr	30.09.13 / 30.09.13
31227 W	Bünz Othmarsingen	30.09.13 / 30.09.13

W	Wasserprobe
F	Feststoffprobe
TS	Trockensubstanz
<	Bei den Messresultaten ist der Wert nach dem Zeichen < (kleiner als) die Bestimmungsgrenze der entsprechenden Methode.
*	Die mit * bezeichneten Analysen fallen nicht in den akkreditierten Bereich der Bachema AG oder sind Fremdmessungen.

Bachema AG
Rütistrasse 22
Postfach
CH-8952 Schlieren

Telefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.ch

Chemisches und
mikrobiologisches
Labor für
die Prüfung von
Umweltproben
(Wasser,
Boden, Abfall)
Akkreditiert nach
ISO 17025/STS
Nr 064

Akkreditierung

 S SCHWEIZERISCHER PRÜFSTELLENDIENST SERVICE SUISSE D'ESSAI SERVIZIO DI PROVA IN SVIZZERA S SWISS TESTING SERVICE, STS-#: 064  SWISS TESTING LABS Association of Swiss Laboratories Verband Schweizer Laboratorien Association des Laboratoires Suisses Associazione dei Laboratori Svizzeri	Auszugsweise Vervielfältigung der Analysenresultate sind nur mit Genehmigung der Bachema AG gestattet. Detailinformationen zu Messmethode, Messunsicherheiten und Prüfdaten sind auf Anfrage erhältlich (s. auch Dienstleistungsverzeichnis oder www.bachema.ch).
--	---

Objekt: Glyphosat-Analysen
Auftraggeber: Hintermann & Weber AG
Auftrags-Nr. Bachema: 20136178

Probenbezeichnung

Proben-Nr. Bachema
 Tag der Probenahme
 Entnahmezeit

Aabach Lenzburg	Aabach Lenzburg	Aabach Lenzburg	Aabach Lenzburg		
28011	28316	28924	29222		
05.09.13	09.09.13	12.09.13	16.09.13		
09:38	12:30	10:25	09:41		

Herbizide

Glyphosat	µg/L	0.11	0.45	0.12	0.10		
AMPA	µg/L	0.11	0.28	0.16	0.14		
Glufosinat	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		

Probenbezeichnung

Proben-Nr. Bachema
 Tag der Probenahme
 Entnahmezeit

Aabach Lenzburg	Aabach Lenzburg	Aabach Lenzburg	Aabach Lenzburg		
29921	30260	31010	31224		
19.09.13	23.09.13	26.09.13	30.09.13		
07:40	13:45	18:20	09:50		

Herbizide

Glyphosat	µg/L	0.17	0.08	0.03	0.05		
AMPA	µg/L	0.19	0.15	0.08	0.13		
Glufosinat	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		

Probenbezeichnung

Proben-Nr. Bachema
 Tag der Probenahme
 Entnahmezeit

Bünz Othmar- singen	Bünz Othmar- singen Moment- probe	Bünz Othmar- singen	Bünz Othmar- singen		
28009	28010	28318	28918		
05.09.13	05.09.13	09.09.13	12.09.13		
10:35	10:35	13:50	11:35		

Herbizide

Glyphosat	µg/L	0.41	0.98	1.6	1.02		
AMPA	µg/L	0.42	0.55	0.5	0.56		
Glufosinat	µg/L	<0.02	<0.02	<0.2	<0.02		

Bachema AG
 Rütistrasse 22
 Postfach
 CH-8952 Schlieren

Telefon
 +41 44 738 39 00
 Telefax
 +41 44 738 39 90
 info@bachema.ch
 www.bachema.ch

Chemisches und
 mikrobiologisches
 Labor für
 die Prüfung von
 Umweltproben
 (Wasser,
 Boden, Abfall)
 Akkreditiert nach
 ISO 17025/STS
 Nr.064

Objekt: Glyphosat-Analysen
Auftraggeber: Hintermann & Weber AG
Auftrags-Nr. Bachema: 20136178

Probenbezeichnung

Proben-Nr. Bachema
 Tag der Probenahme
 Entnahmezeit

Bünz Othmar- singen Moment- probe	Bünz Othmar- singen	Bünz Othmar- singen	Bünz Othmar- singen Moment- probe		
28919	29224	29919	29920		
12.09.13	16.09.13	19.09.13	19.09.13		
11:35	11:20	05:35	05:35		

Herbizide

Glyphosat	µg/L	0.47	0.67	0.46	0.31		
AMPA	µg/L	0.42	0.42	0.44	0.31		
Glufosinat	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		

Probenbezeichnung

Proben-Nr. Bachema
 Tag der Probenahme
 Entnahmezeit

Bünz Othmar- singen	Bünz Othmar- singen	Bünz Othmar- singen Moment- probe	Bünz Othmar- singen		
30259	31013	31007	31227		
23.09.13	26.09.13	26.09.13	30.09.13		
14:05	18:45	18:45	11:00		

Herbizide

Glyphosat	µg/L	0.19	0.24	0.19	0.19		
AMPA	µg/L	0.25	0.27	0.24	0.26		
Glufosinat	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		

Probenbezeichnung

Proben-Nr. Bachema
 Tag der Probenahme
 Entnahmezeit

Sissle Eiken	Sissle Eiken	Sissle Eiken	Sissle Eiken		
28013	28314	28923	29223		
05.09.13	09.09.13	12.09.13	16.09.13		
08:00	11:20	08:45	08:05		

Herbizide

Glyphosat	µg/L	0.05	0.77	0.26	0.12		
AMPA	µg/L	<0.02	0.11	0.09	0.06		
Glufosinat	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		

Bachema AG
 Rütistrasse 22
 Postfach
 CH-8952 Schlieren

Telefon
 +41 44 738 39 00
 Telefax
 +41 44 738 39 90
 info@bachema.ch
 www.bachema.ch

Chemisches und
 mikrobiologisches
 Labor für
 die Prüfung von
 Umweltproben
 (Wasser,
 Boden, Abfall)
 Akkreditiert nach
 ISO 17025/STS
 Nr.064

Objekt: Glyphosat-Analysen
Auftraggeber: Hintermann & Weber AG
Auftrags-Nr. Bachema: 20136178

Probenbezeichnung	Sissle Eiken	Sissle Eiken	Sissle Eiken	Sissle Eiken		
Proben-Nr. Bachema	29923	30258	31009	31223		
Tag der Probenahme	19.09.13	23.09.13	26.09.13	30.09.13		
Entnahmezeit	08:40	09:45	14:20	08:15		

Herbizide						
Glyphosat	µg/L	0.12	0.06	0.04	0.04	
AMPA	µg/L	0.08	0.06	0.04	0.04	
Glufosinat	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	

Probenbezeichnung	Suhre Suhr	Suhre Suhr Moment- probe	Suhre Suhr	Suhre Suhr		
Proben-Nr. Bachema	28007	28008	28317	28920		
Tag der Probenahme	05.09.13	05.09.13	09.09.13	12.09.13		
Entnahmezeit	10:10	10:10	13:20	11:00		

Herbizide						
Glyphosat	µg/L	0.23	0.35	0.73	0.31	
AMPA	µg/L	0.41	0.45	0.42	0.41	
Glufosinat	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	

Probenbezeichnung	Suhre Suhr Moment- probe	Suhre Suhr	Suhre Suhr	Suhre Suhr Moment- probe		
Proben-Nr. Bachema	28921	29221	29917	29918		
Tag der Probenahme	12.09.13	16.09.13	19.09.13	19.09.13		
Entnahmezeit	11:00	10:50	06:20	06:20		

Herbizide						
Glyphosat	µg/L	0.25	0.22	0.26	0.18	
AMPA	µg/L	0.35	0.34	0.33	0.30	
Glufosinat	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	

Probenbezeichnung	Suhre Suhr	Suhre Suhr	Suhre Suhr Moment- probe	Suhre Suhr		
Proben-Nr. Bachema	30261	31012	31008	31226		
Tag der Probenahme	23.09.13	26.09.13	26.09.13	30.09.13		
Entnahmezeit	13:15	17:15	17:15	10:25		

Herbizide						
Glyphosat	µg/L	0.16	0.21	0.28	0.34	
AMPA	µg/L	0.27	0.28	0.30	0.33	
Glufosinat	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	

Bachema AG
Rütistrasse 22
Postfach
CH-8952 Schlieren

Telefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.ch

Chemisches und
mikrobiologisches
Labor für
die Prüfung von
Umweltproben
(Wasser,
Boden, Abfall)
Akkreditiert nach
ISO 17025/STS
Nr 064

Objekt: Glyphosat-Analysen
Auftraggeber: Hintermann & Weber AG
Auftrags-Nr. Bachema: 20136178

Probenbezeichnung	Surb Döttingen	Surb Döttingen	Surb Döttingen	Surb Döttingen		
Proben-Nr. Bachema	28012	28315	28922	29225		
Tag der Probenahme	05.09.13	09.09.13	12.09.13	16.09.13		
Entnahmezeit	08:50	12:10	09:35	08:55		

Herbizide

Glyphosat	µg/L	0.40	0.83	0.51	0.38		
AMPA	µg/L	0.74	0.73	0.69	0.56		
Glufosinat	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		

Probenbezeichnung	Surb Döttingen	Surb Döttingen	Surb Döttingen	Surb Döttingen		
Proben-Nr. Bachema	29922	30263	31011	31225		
Tag der Probenahme	19.09.13	23.09.13	26.09.13	30.09.13		
Entnahmezeit	09:30	10:45	15:15	09:00		

Herbizide

Glyphosat	µg/L	0.25	0.10	0.17	0.17		
AMPA	µg/L	0.40	0.32	0.42	0.42		
Glufosinat	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		

Bachema AG
 Rutistrasse 22
 Postfach
 CH-8952 Schlieren

Telefon
 +41 44 738 39 00
 Telefax
 +41 44 738 39 90
 info@bachema.ch
 www.bachema.ch

Chemisches und
 mikrobiologisches
 Labor für
 die Prüfung von
 Umweltproben
 (Wasser,
 Boden, Abfall)
 Akkreditiert nach
 ISO 17025/STS
 Nr 064

Probenbezeichnung	Wyna Suhr	Wyna Suhr	Wyna Suhr	Wyna Suhr		
Proben-Nr. Bachema	29924	30262	31006	31222		
Tag der Probenahme	19.09.13	23.09.13	26.09.13	30.09.13		
Entnahmezeit	07:00	12:00	17:00	10:10		

Herbizide

Glyphosat	µg/L	0.39	0.23	0.16	0.28		
AMPA	µg/L	0.32	0.23	0.24	0.38		
Glufosinat	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		

Anhang V: Methode und Ergebnis der Abdrift-Messung mit Fluoreszenz-Tracer – Zusammenfassung von R. Wohlhauser

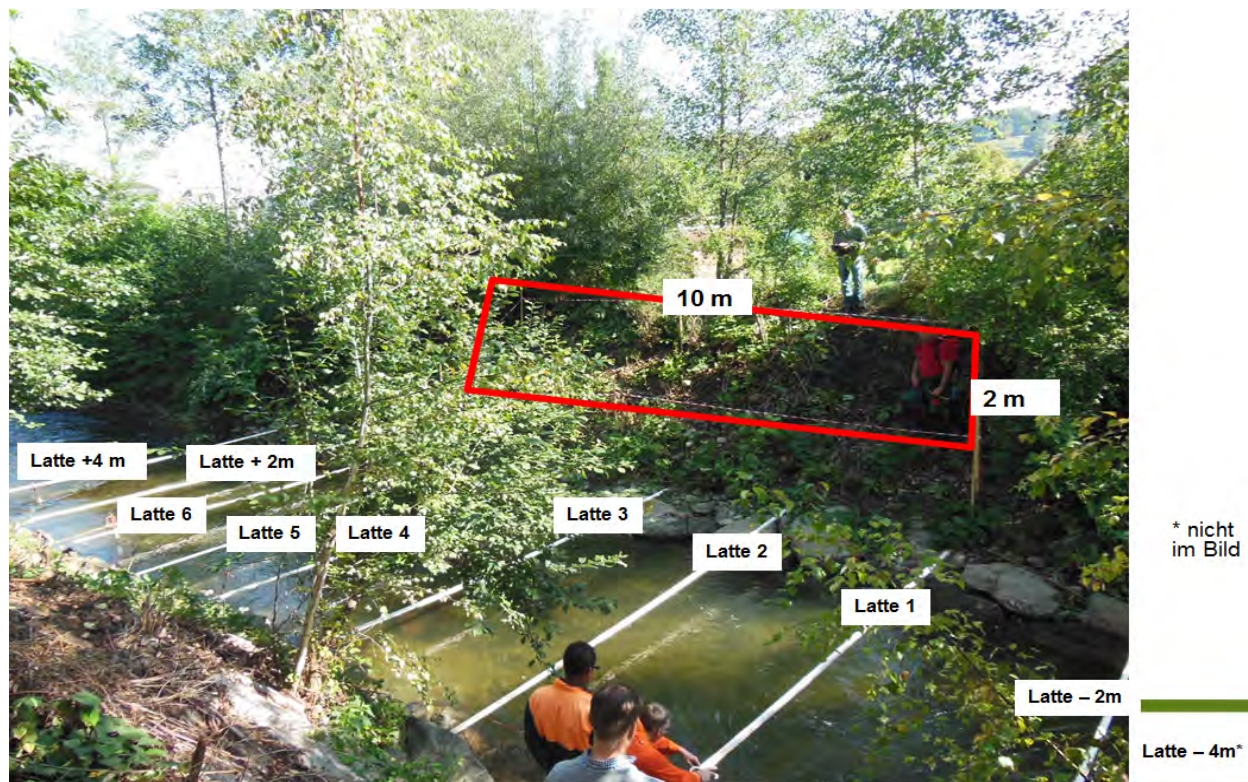
Modul D Tracer-Versuch: Methoden und Ergebnisse

Ziel

Erfassung der Abdrift in einer simulierten Applikation mit Fluoreszenz-Tracer an den ausgewählten Fließgewässerstandorten in einer Pilotstudie

Versuchsanordnung

Die Versuchsfläche befindet sich an einer westexponierten Bachböschung der Suhre im Zentrum von Muhen. Quer zur Applikationsstrecke von 10 m wurden 6 Dachlatten, jeweils im Abstand von 2 m (0 m, 2 m, 4 m, 6 m, 8 m und 10 m), über das rund 5 m breite Fließgewässer gelegt. Zusätzlich wurden jeweils noch 2 Dachlatten je 2 m und 4 m oberhalb und unterhalb der zu behandelten Strecke über das Fließgewässer gelegt (siehe Foto 1).



Damit die Dachlatten mehrmals benutzt werden konnten, ohne dass Fluoreszenztracerrückstände der vorangegangenen Anwendungen auf die Filterpapierstreifen übertragen werden, wurden sie vor jedem Einsatz neu mit Frischhaltefolie überzogen. Für die Präparation der Dachlatten mit Frischhaltefolie sowie das Fixieren der Filterpapierstreifen und die Platzierung der Dachlatten über dem Gewässer wurden immer frische Einweghandschuhe verwendet. Nach Möglichkeit übernahmen unterschiedliche Personen die Demontage bzw. die Montage der Dachlatten.

Nach der Applikation wurden die Filterpapierstreifen (Whatman 598, Ref. No. 10 312 270; 25 mm breit; ohne optische Aufheller) von den Dachlatten abgelöst und die kontaminierte Frischhaltefolie entsorgt. Die Filterpapierstreifen der 6 Dachlatten innerhalb der Applikationsstrecke wurden für die Analytik in total 5 Abschnitte zerschnitten: 0 – 50 cm, 51 – 100 cm, 101 – 200 cm, 201 – 300 cm und 301 – 500 cm, wobei der Nullpunkt beim Gewässerrand liegt, 1 m von der behandelten Fläche weg.

Die Filterpapierstreifen der je 2 Dachlatten, die ober- und unterhalb der behandelten Strecke ausgelegt worden waren, wurden als 1 Probe von 5 m Länge, also ungeschnitten, analysiert.

Spritztechnik

Rückenspritzen erreichen einen relativ hohen Druck (1 - 4 bar) und mit traditionellen Standardflachstrahldüsen kann es dann zu relativ starker Abdrift kommen. Deshalb darf nur bei Windstille resp. minimaler Luftbewegung behandelt werden und zwar mit einer abdriftvermindernden Düse. Für den Versuch wurde die Lechler IDK 120 01 (orange) verwendet. Zudem muss die verwendete Rückenspritze mit einem Druckregelventil ausgerüstet sein. Der verwendete Druckregler, Birchmeier CF 2.0 bar (blau), stellte sicher, dass der Druck 2 bar nicht überschritten wurde.

Versuchsvarianten und Wiederholungen

Die folgenden 4 Versuchsvarianten wurden untersucht:

1. Spritzdüse gerade
2. Spritzdüse gerade + Abdrift-Vorhang
3. Spritzdüse abgewinkelt
4. Spritzdüse abgewinkelt + Abdrift-Vorhang

Geplant war pro Versuchsvariante je 5 Wiederholungen durchzuführen. Effektiv wurden aber nur 3 Wiederholungen durchgeführt (Tabelle 1).

Grund: Die ersten 3 Wiederholungen wurden am 13. September 2013 bei guten meteorologischen Bedingungen in Muhen / AG durchgeführt. In keiner einzigen der am 16. September 2013 analysierten Proben wurde eine messbare Abdrift gefunden, sodass nach Absprache mit Thomas Gerber (BVU, Abteilung Landschaft und Gewässer, Kt. Aargau) und Stefan Birrer (Hintermann & Weber AG) auf die Wiederholungen 4 und 5 verzichtet worden ist.

Tabelle 1: Versuchsvarianten, Wiederholungen, Meteo und Sprühmengen

Versuchs- variante	Wieder- holung	Startzeit	Temperatur (°C)	Wind- richtung	Benötigte Zeit pro 20 m ² (sec)	Verbrauchte Sprühmenge (l / 20 m ²)
Spritzdüse Gerade, ohne Vorhang	1	11.18 h	17.0	Süd	169	0.90
	2	13.42 h	18.0	Nord	182	0.97
	3	15.00 h	18.0	Südost	160	0.85
Spritzdüse gerade + Driftvorhang	1	11.50 h	17.0	-	190	1.01
	2	14.03 h	17.0	-	171	0.91
	3	15.19 h	19.0	Nordost	192	1.02
Spritzdüse abgewinkelt, ohne Vorhang	1	12.14 h	17.0	Nordost	160	0.85
	2	14.22 h	18.0	Nord	180	0.96
	3	15.35 h	19.0	Nord	166	0.88
Spritzdüse abgewinkelt + Driftvorhang	1	12.33 h	17.0	-	165	0.88
	2	14.42 h	18.0	Südost	175	0.93
	3	15.52 h	19.0	-	160	0.85

Während der Applikation zeigte der Spion (feines Stoffband an Stock) entsprechend der Vorgabe keinen Wind (keine Richtung erkennbar) oder nur minimalen Wind (Richtung knapp erkennbar).

Anzahl Messpunkte

- Filterpapiere der 6 Dachlatten 90° zur Parzelle x 5 Abschnitte = 30 Proben
- 4 Dachlatten, je 2 vor und nach der behandelten Parzelle = 4 Proben
- x 3 Wiederholungen = 102 Proben
- x 4 Varianten = **408 Proben**

Fluoreszenz-Tracer

Für die Durchführung einer Feldstudie hatte das BAFU eine Ausnahmegewilligung zur Ausbringung von Glyphosat entlang von Gewässern im Schreiben vom 2. Juli 2013 abgelehnt, da die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln näher als 3 m zum Gewässer gemäss ChemRRV zurzeit nicht zulässig ist. Deshalb sollte eine Pilotstudie mit der simulierten Applikation eines Fluoreszenz-Tracer durchgeführt werden.

Der verwendete Markierstoff Uvitex OB ist ein optischer Aufheller, eine Substanz, die angeregt durch unsichtbares, ultraviolettes Licht sichtbares Licht aussenden kann. Uvitex OB besitzt die gleichen Schwebbeeigenschaften wie die wasserlöslichen Pflanzenschutzmittel. So ist es möglich, mit Hilfe der Markiersubstanz auf Anlagerungen von Pflanzenschutzmitteln auf natürliche (Blätter, Früchte, etc.) und künstliche (Filterpapier, Petrischalen, etc.) Kollektoren zu schliessen.

Uvitex OB ist löslich in verschiedenen organischen Lösungsmitteln, aber unlöslich in Wasser. Aus diesem Grund wird der Markierstoff als SC 500 (50%iges Suspensionskonzentrat) formuliert und angewendet. Uvitex OB ist unter Tageslicht nicht sichtbar und ermöglicht eine unbeeinflusste Probenahme und Analytik. Quantitativ wird Uvitex OB durch Abwaschen mit einem definierten Volumen (abhängig von der Probengrösse) des Lösungsmittels Isopropanol (2-propanol; PH. EUR. III) von der Probe extrahiert. Die Konzentration von Uvitex OB im Extrakt wird dann mit dem Fluorimeter 96 (Eigenentwicklung Novartis) fluorimetrisch gemessen. Dabei beträgt das Anregungslicht 375 nm, das Emissionslicht 435 nm. Alle Ergebnisse werden als $\eta\text{g Uvitex OB /cm}^2$ berechnet, basierend auf einer rechnerischen Ausbringmenge von 1 g Uvitex OB pro Hektare ($(\eta\text{g/cm}^2) / (\text{g/ha})$). Die Bestimmungsgrenze liegt bei 1 $\mu\text{g/l}$.

Für den Versuch wurden 15 Liter Wasser in die Rückenspritze eingefüllt, versetzt mit 6 ml der als 500 SC formulierten Markiersubstanz (= 3 ml Uvitex OB), was einer Uvitex OB-Konzentration von 0.04 % entspricht. Markiersubstanz und Wasser wurden gut gemischt, auch immer wieder vor jeder Applikation. Periodisch wurde an der Düse jeweils eine Probe (ca. 50 ml) der Spritzbrühe entnommen und im Labor die Konzentration bestimmt. Dies um sicherzustellen, dass die Markiersubstanz im Wasser auch wirklich gelöst war und die gewollte Konzentration ausgebracht worden ist.

Ergebnis

Es konnte keine Anlagerung von Tracer auf den Filterpapierstreifen festgestellt werden. Die Abdrift muss folglich im Bereich von 0% gewesen sein (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Messwerte in µg/l

Variante	Wiederholung	Probenlänge (cm)	Holzlatten vor der behandelten Strecke		Holzlatten quer zur behandelten Gewässerstrecke						Holzlatten nach der behandelten Strecke	
			-4 m	-2 m	0 m Latte 1	2 m Latte 2	4 m Latte 3	6 m Latte 4	8 m Latte 5	10 m Latte 6	+ 2m	+ 4m
1	1	0-50			0	0	0	0	0	0		
		51-100			0	0	0	0	0	0		
		101-200			0	0	0	0	0	0		
		201-300			0	0	0	0	0	0		
		301-500			0	0	0	0	0	0		
		0-500	0	0							0	0
	2	0-50			0	0	0	0	0	0		
		51-100			0	0	0	0	0	0		
		101-200			0	0	0	0	0	0		
		201-300			0	0	0	0	0	0		
		301-500			0	0	0	0	0	0		
		0-500	0	0							0	0
	3	0-50			0	0	0	0	0	0		
		51-100			0	0	0	0	0	0		
		101-200			0	0	0	0	0	0		
		201-300			0	0	0	0	0	0		
		301-500			0	0	0	0	0	0		
		0-500	0	0							0	0
2	1	0-50			0	0	0	0	0	0		
		51-100			0	0	0	0	0	0		
		101-200			0	0	0	0	0	0		
		201-300			0	0	0	0	0	0		
		301-500			0	0	0	0	0	0		
		0-500	0	0							0	0
	2	0-50			0	0	0	0	0	0		
		51-100			0	0	0	0	0	0		
		101-200			0	0	0	0	0	0		
		201-300			0	0	0	0	0	0		
		301-500			0	0	0	0	0	0		
		0-500	0	0							0	0
	3	0-50			0	0	0	0	0	0		
		51-100			0	0	0	0	0	0		
		101-200			0	0	0	0	0	0		
		201-300			0	0	0	0	0	0		
		301-500			0	0	0	0	0	0		
		0-500	0	0							0	0
3	1	0-50			0	0	0	0	0	0		
		51-100			0	0	0	0	0	0		
		101-200			0	0	0	0	0	0		
		201-300			0	0	0	0	0	0		
		301-500			0	0	0	0	0	0		
		0-500	0	0							0	0
	2	0-50			0	0	0	0	0	0		
		51-100			0	0	0	0	0	0		
		101-200			0	0	0	0	0	0		
		201-300			0	0	0	0	0	0		
		301-500			0	0	0	0	0	0		
		0-500	0	0							0	0
	3	0-50			0	0	0	0	0	0		
		51-100			0	0	0	0	0	0		
		101-200			0	0	0	0	0	0		
		201-300			0	0	0	0	0	0		
		301-500			0	0	0	0	0	0		
		0-500	0	0							0	0
4	1	0-50			0	0	0	0	0	0		
		51-100			0	0	0	0	0	0		
		101-200			0	0	0	0	0	0		
		201-300			0	0	0	0	0	0		
		301-500			0	0	0	0	0	0		
		0-500	0	0							0	0
	2	0-50			0	0	0	0	0	0		
		51-100			0	0	0	0	0	0		
		101-200			0	0	0	0	0	0		
		201-300			0	0	0	0	0	0		
		301-500			0	0	0	0	0	0		
		0-500	0	0							0	0
	3	0-50			0	0	0	0	0	0		
		51-100			0	0	0	0	0	0		
		101-200			0	0	0	0	0	0		
		201-300			0	0	0	0	0	0		
		301-500			0	0	0	0	0	0		
		0-500	0	0							0	0

**Anhang VI: Methode und Ergebnis der Abdrift-Messung mit Fluoreszenz-Tracer – Illustration
von R. Wohlhauser**



Bekämpfung des Japanischen Staudenknöterichs an Gewässern im Kanton Aargau

Ronald Wohlhauser, Head Application Technology, Syngenta Crop Protection AG, Basel
ronald.wohlhauser@syngenta.com

Projekt-Skizze (Auszug) – Version 2

- Erfassung und Bewertung der Gewässerbelastungen mit Glyphosat bei der chemischen Bekämpfung von invasiven Neophyten an Gewässern im Kanton Aargau anhand von Fluoreszenz-Tracern – eine Pilotstudie
- Randbedingungen
Für die Durchführung einer Feldstudie hat das BAFU eine Ausnahmebe-willigung zur Ausbringung von Glyphosat entlang von Gewässern im Schreiben vom 2. Juli 2013 **abgelehnt**, da die Ausbringung von Pflanzenschutzmittel näher als 3m zum Gewässer gemäss ChemRRV zurzeit nicht zulässig ist. **Deshalb soll eine Pilotstudie mit der simulierten Applikation eines Fluoreszenz-Tracer durchgeführt werden.**

Versuchsdesign

Für den Eintrag von Glyphosat ins Gewässer bei der chemischen Behandlung des Staudenknöterichs müssen **zwei Abtragspfade** berücksichtigt werden:

- **1. Direkter Abdrift des Sprühnebels ins Gewässer während der Applikation.**
Wichtige technische und meteorologische Faktoren bestimmen das Ausmass der Abdrift. Neben der Tröpfchengrösse der ausgebrachten Spritzmittellösung, der Spritzhöhe, der Ausbringungsge-schwindigkeit, des gewählten Pflanzenschutzmittelprodukts und der Wasserausbringungsmenge tragen vor allem die Windgeschwindigkeit, die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit zur Abdrift bei.
- **2. Abtrag des Glyphosat von den behandelten Flächen mit dem Niederschlag oder durch Überschwemmung der behandelten Uferböschung** während Abflussereignisse. Wieviel Glyphosat von den betreffenden Flächen abgetragen wird, hängt von vielen Faktoren, wie zum Beispiel von der Menge, der Intensität und dem Zeitpunkt der Niederschlagsereignisse, der Bodenbeschaffenheit, dem Pflanzenbewuchs und der Topographie, ab.

Zielsetzung

Da für die Ausbringung von Glyphosat zur Bekämpfung von Neophyten entlang von Gewässern in einer Feldstudie keine Ausnahmegewilligung vom BAFU erteilt wurde, wird für dieses Pilotprojekt ein 4-stufiges Vorgehen mit folgenden Zielsetzungen gewählt:

- a) Erstellung einer Expositions- und Risikoabschätzung für die Abdrift und die Abschwemmung von Glyphosat anhand von Zulassungs-Modellen und –Daten
- b) Auswahl geeigneter Fließgewässerstandorten mit Neophytenbefall und geringer Hintergrundbelastung der Gewässer mit Glyphosat
- c) Glyphosat-Messungen an den ausgewählten Fließgewässerstandorten zur Erfassung der bestehenden Hintergrundbelastung (Glyphosat aus Landwirtschaft und Siedlung)
- **d) Erfassung der Abdrift in einer simulierten Applikation mit Fluoreszenz-Tracer an den ausgewählten Fließgewässerstandorten in einer Pilotstudie**

Die hierbei erzeugten Daten sind vorbereitende Arbeiten für zukünftige Feldversuche mit Glyphosatausbringung. Die Ergebnisse aus diesem Pilotprojekt sollen helfen, das Versuchsdesign und die Standortauswahl bei einer zukünftigen Feldstudie mit Glyphosatausbringung so optimal wie möglich gestalten zu können.

Durchzuführende Arbeiten, Teilprojekt d - Auszug

Da die Ausbringung von Glyphosat in einer Feldstudie nicht erlaubt wurde, soll die Abdrift von Spritzlösung während einer simulierten Applikation mit **Fluoreszenz-Tracern** unter praxisnahen Bedingungen an bestehenden Neophytenstandorten im Kanton Aargau durchgeführt werden. Folgende Randbedingungen sollen für die simulierte Applikation eingehalten werden:

- Bei der Applikation soll ein **Mindestabstand zum Gewässer von 0.5 m** nicht unterschritten werden. Die Anwendung sollte nicht vom Gewässer aus erfolgen.
- Die Applikation wird **von einer geschulten Person durch eine Rückenspritze mit driftreduzierender Düse bei Windstille an regenfreien Tagen durchgeführt.**
- Der Neophytenbestand sollte bei der Applikation eine **maximale Wuchshöhe von 50 cm** nicht überschreiten, um die Abdriftdistanz möglichst gering zu halten.
- Das Abfüllen der fluoreszenzmittel-haltigen Spritzbrühe, das Reinigen der Spritzgeräte und die Entsorgung der Restbehälter dürfen nicht in Gewässernähe erfolgen.
- Um zu überprüfen, welcher Prozentsatz von der applizierten Fluoreszenz-Lösung ins Fliessgewässer gelangt ist, sollen Messungen auf den Fluoreszenz-Tracer über dem Fliessgewässer vorgenommen werden.

Hinweise zur Herbizidanwendung – Glyphosat, Auszug

Konzentration:

- Die gängigen Mittel enthalten 360 g Glyphosat. Anwendung mit 2% iger Spritzbrühe (also 20 Milliliter pro Liter Wasser oder 2 Deziliter pro 10 Liter Wasser).
Die Blätter des Staudenknöterichs gleichmässig leicht benetzen. Anwendung auf trockene Pflanzen, mindestens 4-6 Stunden vor Taubildung (Grund: Wirkstoff, der noch nicht aufgenommen wurde, kann durch Tau abgewaschen werden).

Spritztechnik:

- Rückenspritzen erreichen einen relativ hohem Druck (1-4 bar) mit „normalen“ Düsen kommt es zu relativ starker Abdrift.
Deshalb:

- Nur behandeln bei Windstille.
- Einen Druckregler verwenden, der den Druck auf 2 bar hält

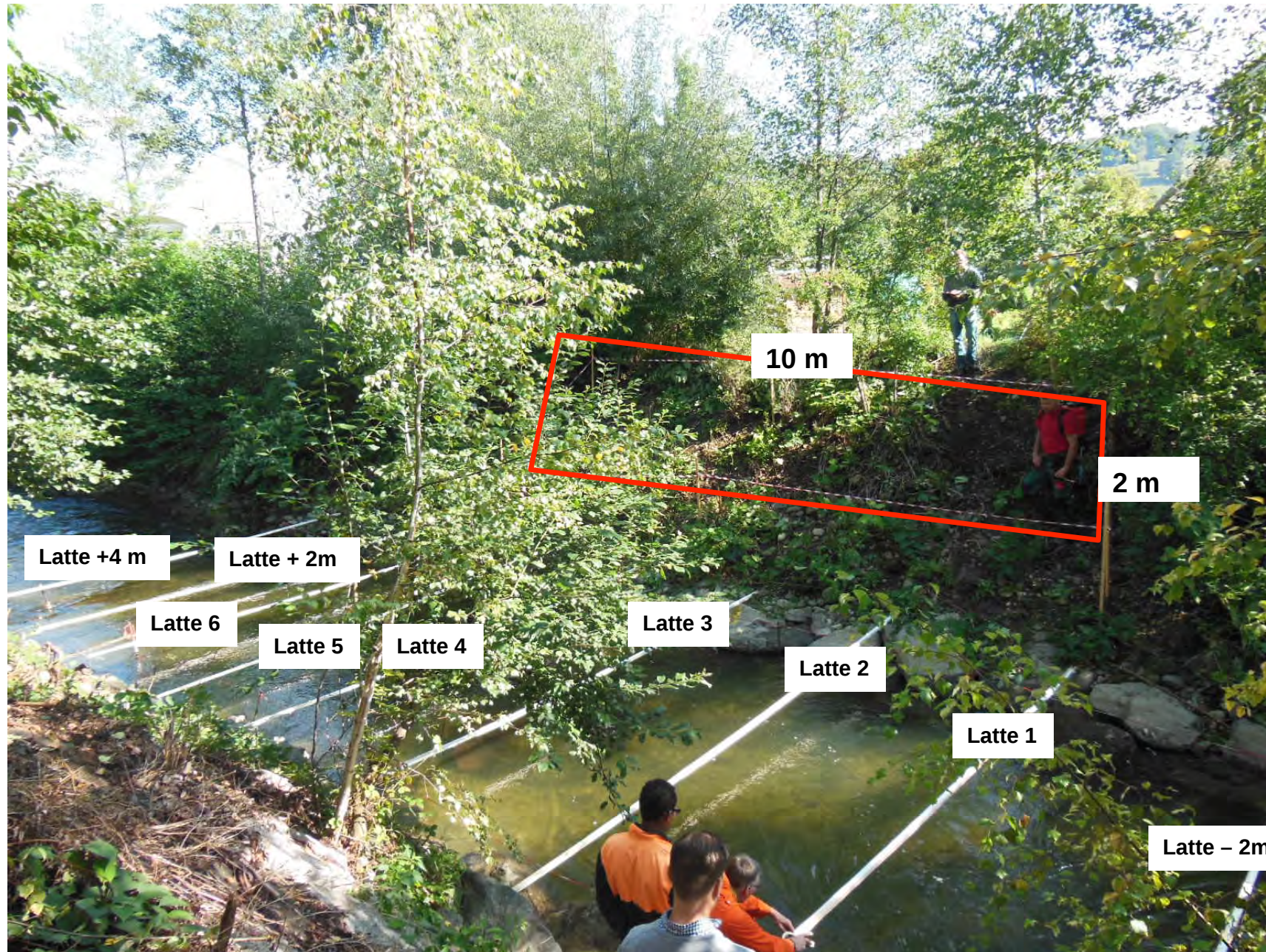
- Materialvorgaben:

Rückenspritze 15 Liter

- Druckregelventil Birchmeier CF 2.0 bar blau
- Düse Lechler IDK 120.01 oder andere Injektionsdüsen 01 (orange)



Versuchsanordnung



* nicht
im Bild



Latte - 4m*

Präparation der Dachlatten

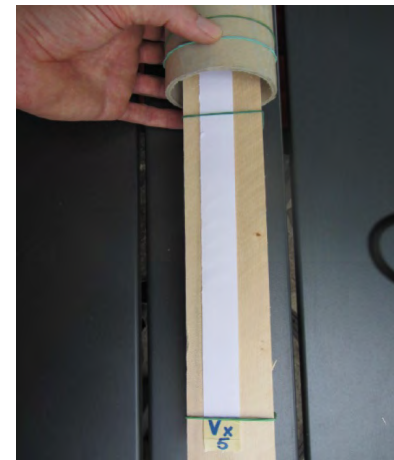
- Damit die Dachlatten mehrmals benutzt werden können, ohne dass Spritzmittelrückstände der vorangegangenen Anwendungen auf die Filterpapierstreifen übertragen werden, werden sie vor jedem Einsatz neu mit Frischhaltefolie überzogen. Nach dem Einsatz über dem Bach werden die Filterpapierstreifen zum Trocknen von den Dachlatten abgelöst und die kontaminierte Frischhaltefolie entsorgt.
- Für die Präparation der Dachlatten mit Frischhaltefolie sowie das Fixieren der Filterpapierstreifen und die Platzierung der Dachlatten über dem Gewässer werden immer frische Einweghandschuhe verwendet. Nach Möglichkeit übernehmen unterschiedliche Personen die "Demontage" bzw. die "Montage" der Dachlatten.



**Überziehen der Dachlatten
mit Frischhaltefolie**



**Festkleben der beiden Enden
und Beschriften mit
Versuchs- und Lattennummer**



**Fixieren der Filterpapier-
streifen auf der Dachlatte mit
"Einweg-Gummiringen"**

Applikation – mit und ohne Abdrift-Vorhang



Messpunkte



- Quer zur Parzellenlänge von 10 m wurden 6 Dachlatten, jeweils im Abstand von 2 m, über das Fliessgewässer gelegt.
- Nach der Applikation wurden die Filterpapierstreifen der 6 Dachlatten wie folgt zerschnitten:
 - 0 – 50 cm
 - 51 – 100 cm
 - 101 – 200 cm
 - 201 – 300 cm
 - 301 – 500 cm
- Zusätzlich haben wir jeweils noch 2 Dachlatten je 2 m und 4 m vor und nach der zu behandelten Parzelle über das Fliessgewässer gelegt. Diese wurden ungeschnitten (also immer 5 m) als 1 Probe analysiert

Versuchsvarianten, Anzahl Wiederholungen und Anzahl Messpunkte

- **4 Versuchsvarianten**

1. Spritzdüse gerade
2. Spritzdüse gerade + Drift-Vorhang
3. Spritzdüse abgewinkelt
4. Spritzdüse abgewinkelt + Drift-Vorhang

- **Anzahl Wiederholungen**

- Geplant 5
- Durchgeführt 3 Grund: absolut keine Anlagerung / Abdrift bei den ersten 3 Wiederholungen

- **Anzahl Messpunkte**

- Filterpapiere der 6 Dachlatte x 5 Abschnitte (siehe S.10) = 30 Proben
- 4 Dachlatten, je 2 vor und nach der behandelten Parzelle = 4 Proben
- X 3 Wiederholungen = 102 Proben
- X 4 Varianten = **408 Proben** analysiert



Analyseschritte – zum besseren Verständnis des Excelworksheets

Tankmuster:

- während der Applikation haben wir regelmässig an der Düse Proben der Spritzbrühe entnommen. Dies, um die Tracerkonzentration zu bestimmen und um sicher zu gehen, dass der Tracer mit dem Wasser gut gemischt war und gemischt blieb.

- **Dosierung des Tracers 6 ml Helios SC 500 in 15 l Wasser**

		Muster 1	Muster 2	Muster 3	Muster 4	Muster 5	Muster 6		
Dilution		500	500	500	500	500	500		
Analyse 1: ug / l		396	311	301	285	419	396		alle Muster je 2 x analysiert
Analyse 2: ug / l		396	326	306	302	375	379		
Durchschnitt aller Werte		349.333333							

- **Berechnung der Tracermenge**

$$\frac{\text{Messwert} \times \text{dilution rate} \times \text{application volume}}{1'000'000} = \text{g tracer / ha}$$

$$\frac{349.33 \times 500 \times 454.2^*}{1'000'000} = 79.33 \text{ g/ha}$$

Analyseschritte – zum besseren Verständnis des Excelworksheets

Anlagerung auf Filterpapier:

Bemerkung: die Anlagerung wird in (ng/cm²) / (g /ha) ausgedrückt, d.h. ng/cm² pro 1 Gramm ausgebrachtem Tracer (oder auch Wirksubstanz). So kann Versuche miteinander vergleichen.

$$\frac{\text{Messwert } (\mu\text{g/l}) \times \text{Lösungsmittelmenge (ml)}}{\text{Fläche der Probe (cm}^2\text{)} \times \text{g Tracer/ha}} = \frac{\text{ng/cm}^2}{\text{g/ha}}$$

- **Beispiel**

	Muster #	Länge (cm)	Breite (cm)	Fläche (cm ²)	Lösungsmittel (ml)	Messwert (µg/l)	Depot (ng/cm ²)/(g/ha)	% Drift
Rep 1								
- 4 m	1	500.00	2.5	1250	150	0	0	0

$$\frac{0 \times 150}{1250 \times 79.33} = 0 \text{ (ng/cm}^2\text{) / (g/ha)}$$

- Da es keine Anlagerung /Depot gab, bedeutet dies auch 0% Abdrift