

Pflanzen

Agroscope Science | Nr. 51 / 2017



Pflanzenschutzmitteleintrag in Oberflächengewässer

Analyse und Reduktionsmass- nahmen auf Ebene Betrieb

Autoren

Lukas Bühler und Otto Daniel

Studie im Rahmen von Win⁴

finanziert vom Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern

15.12.2013



Impressum

Herausgeber	Agroscope Schloss 1, Postfach 8820 Wädenswil www.agroscope.ch
-------------	--

Auskünfte

Gestaltung

Titelbild

Copyright	© Agroscope 2017
-----------	------------------

Download	www.agroscope.ch/science
----------	--

ISSN	2296-729X
------	-----------

ISBN	978-3-906804-39-2
------	-------------------

Inhalt

1	Zusammenfassung	5
2	Einleitung	6
3	Methode	9
3.1	Potentieller PSM-Eintrag in Oberflächengewässer	9
3.1.1	PSM-Quelle	9
3.1.2	PSM-Transport in der Parzelle	10
3.1.3	Anschluss der Parzelle an ein Oberflächengewässer.....	11
3.2	Massnahmen, welche den PSM-Eintrag in Oberflächengewässer reduzieren	11
3.2.1	Pflanzenbau.....	12
3.2.2	Anwendung der PSM	12
3.2.3	Bodenbewirtschaftung.....	12
3.2.4	Mit Pflanzen bewachsene Puffer im Feld.....	12
3.2.5	Spezielle Strukturen	13
3.3	Datenbeschaffung und Beschreibung von Parzellen und Betrieb.....	16
3.3.1	Standort als Faktor des PSM-Eintrages in Oberflächengewässer.....	16
3.3.2	Aktuelle Bewirtschaftung als Faktor des PSM-Eintrages in Oberflächengewässer.....	18
3.4	Bewertung der Parzellen bezüglich PSM-Eintrag in Oberflächengewässer	19
3.4.1	Stufen der Bewertung.....	19
3.4.2	Bewertung basierend auf dem Standort.....	19
3.4.3	Bewertung auf Ebene Bewirtschaftung	20
3.4.4	Ableiten von zusätzlichen Massnahmen	21
4	Resultate	22
4.1	PSM-Eintrag in Oberflächengewässer vom Pilotbetrieb in Seedorf (BE)	22
4.1.1	Betrieb und Oberflächengewässer	22
4.1.2	Bewertung basierend auf dem Standort.....	22
4.1.3	Bewertung auf Ebene Bewirtschaftung und Massnahmen	25
4.2	PSM-Eintrag in Oberflächengewässer vom Pilotbetrieb in Scherz (AG)	26
4.2.1	Betrieb und Oberflächengewässer	26
4.2.2	Bewertung basierend auf dem Standort.....	26
4.2.3	Bewertung auf Ebene Bewirtschaftung und Massnahmen	29
4.3	PSM-Eintrag in Oberflächengewässer vom Pilotbetrieb in Lengnau (AG)	29
4.3.1	Betrieb und Oberflächengewässer	29
4.3.2	Bewertung basierend auf dem Standort.....	30
4.3.3	Bewertung auf Ebene Bewirtschaftung und Massnahmen	34
5	Diskussion	37
5.1	Methodik	37
5.1.1	Datengrundlage zur Abschätzung des potentiellen PSM-Eintrages in Oberflächengewässer	37
5.1.2	Massnahmen, welche den PSM-Eintrag in Oberflächengewässer reduzieren	37

5.2 Analyse der Pilotbetriebe 38

5.3 Ausblick 38

6 Danksagung 39

7 Literatur 40

Anhang 1: Interview mit dem Betriebsleiter 42

Anhang 2: Checkliste Feldbegehung 43

Anhang 3: Vorstudie auf dem Versuchsbetrieb Tänikon (TG) 44

1 Zusammenfassung

In kleinen Fliessgewässern in der Schweiz findet man Pflanzenschutzmittel (PSM) – sowohl in eher tieferen konstanten, als auch kurzfristigen höheren Konzentrationen. Da je nach Art des PSM Auswirkungen auf die Lebewesen im Wasser auftreten können, möchte man die Einträge von PSM in die Oberflächengewässer möglichst tief halten.

Im landwirtschaftlichen Sektor werden grosse Anstrengungen unternommen, um den Eintrag von PSM in Oberflächengewässer tief zu halten. Dazu gehört eine detaillierte ökotoxikologische Risikoanalyse, welche Voraussetzung für die Zulassung eines PSM ist. Abstandsaufgaben mindern den PSM-Eintrag durch Drift und oberflächliche Abschwemmung. Des Weiteren führen Direktzahlungsverordnung, Ausbildung der Landwirte und die periodische Kontrolle der grösseren Spritzgeräte zu einem möglichst geringen Eintrag der PSM in Oberflächengewässer.

In der Schweiz sind die landwirtschaftlichen Strukturen kleinräumig und vielfältig. Auch die Topographie ist sehr variabel: Neigung und Tendenz der Böden zur Vernässung können innerhalb einer einzelnen landwirtschaftlichen Parzelle oder eines Betriebes sehr verschieden sein. Diese Vielfalt kann nicht im Detail in den ökotoxikologischen Risikoanalysen der Zulassung abgebildet werden. Deshalb stellte sich die Frage, ob nicht durch geeignete Massnahmen auf Ebene Parzelle und Betrieb der PSM-Eintrag in Oberflächengewässer aus der Landwirtschaft weiter verkleinert werden kann.

Agroscope hat nun untersucht, wie die lokalen und betrieblichen Gegebenheiten erfasst werden können und mit welchen Massnahmen der PSM-Eintrag in Oberflächengewässer weiter verringert werden kann. Wichtig für eine gute Expertise war die effiziente Nutzung bestehender Informationsquellen wie der Erosionsrisikokarten, Bodenkarten, Drainagepläne, usw. Wesentliche Bestandteile waren aber auch ein Interview und eine Feldbegehung mit dem Betriebsleiter vor Ort. Erst dadurch war es möglich, die Bewirtschaftung der Parzellen mit einzubeziehen, und sich ein vollständiges Bild über das Potential von PSM-Einträgen in Oberflächengewässer aus den einzelnen Parzellen zu machen. Bei kritischen Parzellen wurden Massnahmen vorgeschlagen, durch die der PSM-Eintrag in Oberflächengewässer verringert werden kann. Dazu gehört unter anderem die Auswahl einer geeigneten und standortangepassten Fruchtfolge, die geeignete Platzierung von ökologischen Ausgleichsflächen und Pufferstreifen, sowie die Auswahl der Bodenbearbeitungsmethoden. In den untersuchten Pilotbetrieben hatten die Betriebsleiter selber zum Teil schon gezielt Massnahmen ergriffen, um PSM-Einträge in Oberflächengewässer gering zu halten.

Die Pilotstudien auf mehreren Betrieben haben gezeigt, dass die erarbeitete Methodik gut geeignet ist um aufzuzeigen, wie auf landwirtschaftlichen Betrieben die PSM-Einträge in Oberflächengewässer verringert werden können. Die Methodik kann nun angewendet werden um die gesamtbetriebliche Beratung von Einzelbetrieben zu unterstützen oder um auf Landschaftsebene problematische Parzellen zu identifizieren und mit Massnahmen die PSM-Einträge in Oberflächengewässer zu reduzieren.

2 Einleitung

Pflanzenschutzmittel (PSM) sind biologisch aktive Produkte, die helfen Ertrag und Qualität im Pflanzenbau zu sichern. Viele PSM haben aber auch Nebenwirkungen auf die Lebewesen und ihre Umwelt. Die Pflanzenschutzmittelverordnung (PSMV, 2010) fordert, dass ein hohes Schutzniveau für die Umwelt gewährleistet ist. Dies bedeutet, dass keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Umwelt bezüglich den Nichtzielarten, der biologischen Vielfalt und den Funktionen der Ökosysteme auftreten dürfen.

Im Rahmen der Zulassung werden die ökotoxikologischen Risiken von PSM für Lebewesen im Wasser (Algen, Pflanzen, Krebstiere, Insekten, Fische) abgeklärt (Daniel et al., 2007a). Dabei wird die Exposition über verschiedene Transportpfade (Drift, Run-off, Drainage) und Aufnahmepfade (Wasser, z.T. Sediment) berücksichtigt. Die Risikoanalysen gelten für definierte Indikationen, und basieren auf verschiedenen Modellannahmen. Die Indikationen für einen PSM-Einsatz beziehen sich auf spezifische landwirtschaftliche Kulturen und den auftretenden Krankheiten, respektive Schädlingen.

Der Grenzwert für PSM in fließenden Oberflächengewässern, als „numerische Anforderung“ bezeichnet, beträgt 0.1 Mikrogramm/l pro PSM-Wirkstoff; vorbehalten bleiben andere Werte auf Grund von Einzelstoffbeurteilungen im Rahmen des Zulassungsverfahrens (GSchV, 1998). Solche Werte auf Grund von Einzelstoffbeurteilungen werden zurzeit vom BLW (Knauer und Félix, 2012) zusammengestellt. Am Oekotoxzentrum werden Vorschläge für akute und chronische Qualitätskriterien für ausgewählte Schweiz-relevante Substanzen erarbeitet (Oekotoxzentrum, 2013). Der Wert von 0.1 Mikrogramm/l wird in den Gewässern periodisch überschritten (Leu et al., 2004; Ochsenbein, 2007; Munz et al., 2012; Ochsenbein et al., 2012; Stamm et al., 2012 b). Aus diesem Grund sollen zusätzliche Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie der Eintrag von PSM aus landwirtschaftlichen Parzellen reduziert werden kann. In Daniel et al. (2007b) wurde vorgeschlagen, den Schutz der Umwelt auch auf der Ebene Parzelle unter Berücksichtigung der lokalen Standortfaktoren, der landwirtschaftlichen Praxis und der Verwendung neuer Technologien zu erreichen.

Dazu muss die Wahrscheinlichkeit eines PSM-Eintrags aus einer Parzelle bekannt sein; ebenso auch die Faktoren, die zu einem PSM-Eintrag führen und die Beeinflussbarkeit dieser Faktoren. PSM können aus punktuellen Quellen, wie z.B. durch das Reinigen der Spritzgeräte oder aus diffusen Quellen aus dem Feld ins Oberflächengewässer eingetragen werden (Leu et al., 2004, Munz et al., 2012). Diffuse Einträge können über verschiedene Transportwege, wie Run-off (oberflächliche Abschwemmung), Versickerung in Drainagen oder Abdrift erfolgen. Neben den Faktoren, die den Transport der PSM beeinflussen, spielen auch die Art wie eine Parzelle ans Oberflächengewässer angeschlossen ist und die Distanz zu diesem Anschluss eine Rolle (Konnektivität). Run-off kann direkt oder indirekt über Strassenentwässerungen und Drainagesysteme in ein Oberflächengewässer gelangen. Bei Abdrift können die PSM ebenfalls direkt ins Oberflächengewässer eingetragen oder auf Strassen abgelagert werden. Von dort können sie bei Niederschlägen rasch über die Entwässerung in Oberflächengewässer gelangen.

In der Bretagne (Frankreich) wurde ab dem Jahr 1990 das Projekt CORPEP¹ durchgeführt, in dem Experten eine Vielzahl von Faktoren, welche den PSM-Eintrag in Oberflächengewässer beeinflussen, priorisierten. Am wichtigsten waren die hydrologische Distanz, das Vorhandensein von Drainagen, die Neigung und Länge einer Parzelle mit ihrem Einfluss auf Run-off und Erosion, die Infiltrationskapazität, die Parzellenform, die Bodenbedeckung und Landschaftselemente, die den Abfluss unterbrechen. Das System wurde später vereinfacht und auf fünf Faktoren reduziert. Diese sind die Distanz zum Oberflächengewässer entlang der Fliesslinien, die Steigung, das Vorhandensein von Drainagen, die Länge der Parzelle und das Vorhandensein eines Pufferstreifens oder Hecken breiter als 20 m (Laubier, 2001; Arousseau et al., 1998). Im Rahmen von

¹ Cellule d'orientation régionale pour la protection des eaux contre les pesticides

TOPPS²/Prowadis³ wurden zwei weitere Diagnosekonzepte von Dyson, J. (Syngenta) und Maillet-Mezery, J. und Réal, B. (Arvalis – Institut du végétal) erarbeitet. Diese bauen auf den Arbeiten des Projekts CORPEP auf. Die von Arvalis präsentierte Methode zeigt den grossen Einfluss der Bewirtschaftung auf und schlägt einen dreiteiligen Bewertungsprozess vor: a) Standortfaktoren b) Bewirtschaftung c) Effektivität von Massnahmen (z.B. Pufferstreifen).

Für die Beurteilung des Einzugsgebiets des Gewässers „Boiron de Morges“ (Kanton Waadt) wurde ein Entscheidungsschlüssel entwickelt, der die Hangneigung, die Hanglänge, Landschaftselemente (die den Abfluss beschleunigen oder unterbrechen), die Entfernung zum Oberflächengewässer und die Bodenkörnung zur Bewertung der Parzellen verwendet (Noll et al., 2010).

An der Eawag konnte gezeigt werden, dass verschiedene Parzellen beträchtliche Unterschiede in Bezug auf den PSM-Eintrag in Oberflächengewässer aufweisen (Leu et al., 2004; Leu et al., 2010). Die Resultate konnten mit dem Konzept der beitragenden Flächen (critical source areas) beschrieben werden, das aus der Hydrologie schon seit längerem bekannt war. Beitragende Flächen machen oft nur einen relativ kleinen Teil der Gesamtfläche aus, sie tragen jedoch überproportional zum PSM-Eintrag ins Oberflächengewässer bei. Auch wurden verschiedene Methoden, wie AVErosion, P-Index, Topo-Index und Abflussprozesskarte zur Vorhersage von beitragenden Flächen in Bezug auf Erosion, Phosphor und PSM verglichen und in Feldexperimenten getestet. Dabei konnte in Bezug auf PSM gezeigt werden, dass sowohl „gesättigter“ als auch „ungesättigter“ Run-off wichtig ist. Die Sättigung bezieht sich hierbei auf das Wasser im Boden über welchem der Run-off stattfindet. Zudem ist der indirekte Eintrag über Schächte und Drainagen bedeutend, (Frey et al., 2011; Prasuhn et al., 2011; Doppler et al., 2012; Stamm et al., 2012a).

Im Kanton Bern (Frienisberg) wurden durch ART und die Uni Bern langjährige Erosionsmessungen durchgeführt (Prasuhn 2011). Mit der ArcGis Extension AVErosion, welche auf einer Weiterentwicklung der universal soil loss equation beruht, wurde eine potentielle Erosionsrisikokarte der Schweiz (ERK2) erstellt und an den Beobachtungsflächen überprüft. Auf der Grundlage der ERK2 hat die Uni Bern und ART den Gewässeranschluss der potentiellen Erosionsrisikoflächen ermittelt. Dazu wurde ein erweitertes Gewässernetz bestehend aus entwässerten Strassen und Tiefenlinien erstellt. Der Gewässeranschluss wurde als Distanz der Erosionsrisikoflächen zum Gewässernetz und erweiterten Gewässernetz berechnet. Die resultierende Gewässeranschlusskarte für die Schweiz ist in der Zwischenzeit publiziert (Alder et al., 2013).

PSM-Transport via Run-off kann auch in staunassen oder grundwassergesättigten Hangfusslagen oder Ebenen auftreten. Es ist zu beachten, dass die Fläche, die zu Run-off von PSM beiträgt, oft nicht deckungsgleich mit der Fläche ist, von der Erde abgetragen wird (Frey et al., 2011). Oft tritt der Run-off zuerst unterhalb der Erosionsabtragungsorte auf. Dort wird Feinsediment abgelagert und die Infiltration gehemmt. Deshalb muss Information aus Erosionsrisikokarten durch Bodeninformationen zu Infiltrationshemmung oder Grundwasserbeeinflussung ergänzt werden.

Verschiedene Institutionen und Projekte haben dazu beigetragen, risikomindernde Massnahmen und „best management practise“ Lösungen im Bereich des Pflanzenschutzes zu entwerfen. Unter anderem Agroscope mit den Berichten zu risikomindernden Massnahmen im Pflanzenschutz bei Run-off und Drainagen (in Vorbereitung), das Forschungskonsortium „ArtWet“ zu künstlichen Feuchtgebieten (Rückhaltebecken) und TOPPS/ProWadis mit Pilotprojekten und „best management practices“ von verschiedenen europäischen Ländern. Eine Review zur Frage wie PSM Einträge in Oberflächengewässer reduziert werden können wurde von Reichenberger et al. (2007) verfasst. Das Allerton Projekt in England hat zahlreiche Massnahmen in einer gesamtbetrieblichen Strategie umgesetzt (Stoate, 2012). Bundesämter, kantonale Fachstellen und auch Vertreter der Industrie haben zudem zahlreiche Leitfäden und Broschüren zur Vermeidung von PSM

² Train the Operator to Promote best Practices and Sustainability

³ Protecting Water from Diffuse Sources

Einträgen ins Oberflächengewässer entwickelt (BAFU, 2007; Agridea, 2011; BASF, 2012; ECPA, 2013a, b; Strickhof, 2013, BAFU und BLW, 2013).

Speziell an der Situation in der Schweiz sind die teilweise erheblichen Hangneigungen, die kleinen Parzellen und die hohe Meliorationstätigkeit. Nach einer Umfrage des BLW sind in der Schweiz rund 30% der Fruchtfolgeflächen drainiert (Béguin und Smola, 2010). Weitere Besonderheiten sind die Kleinräumigkeit der landwirtschaftlichen Strukturen und deren gute Durchsetzung mit ökologischen Ausgleichsflächen. Viele kleine Fliessgewässer wurden in den Untergrund verlegt und sind nun durch Schächte mit dem Oberflächenabfluss verbunden. Zurzeit werden viele solcher Oberflächengewässer wieder re-naturiert.

Das Ziel des vorliegenden Berichtes ist es, Wege aufzuzeigen, wie der PSM-Eintrag in die Oberflächengewässer reduziert werden kann. Basierend auf vorliegenden Studien wurde für die Schweiz ein möglichst einfaches Beschreibungs- und Bewertungsverfahren entwickelt und auf Pilotbetrieben getestet. Die Parzellen, auf welchen PSM eingesetzt werden (PSM-Quellen) werden mit Hilfe eines Bewertungsschlüssels in Bezug auf den PSM-Transport und den Anschluss der Parzellen zu Gewässern beurteilt. Massnahmen, welche jetzt schon Teil der Bewirtschaftung sind oder solche, welche zusätzlich den PSM-Eintrag in Oberflächengewässer reduzieren können, werden beschrieben und bewertet. Ein grosser Teil der möglichen Massnahmen fällt in den Entscheidungsbereich des Landwirtes auf Betriebsebene. Der Bewertungsschlüssel setzt auf der Parzellenebene an und dient dazu, Massnahmen auf Betriebsebene vorzuschlagen. Zur effektiven Verbesserung der Gewässerqualität wird es nötig sein, spezifische Massnahmen in eine gesamtbetriebliche Strategie zu integrieren.

3 Methode

3.1 Potentieller PSM-Eintrag in Oberflächengewässer

Damit der mögliche PSM-Eintrag einer Parzelle beschrieben werden kann, müssen Informationen zur PSM-Quelle, dem Transport im Feld und dem Anschluss der Parzelle an ein Oberflächengewässer (Konnektivität) verfügbar sein (Tab.1):

- PSM-Quelle
- PSM-Transport im Feld
- Anschluss der Parzelle an ein Oberflächengewässer.

Diese Komponenten werden durch den Standort, die Bewirtschaftung und spezifische Massnahmen beeinflusst.

Zu den Standortfaktoren zählen die Topographie, die Bodeneigenschaften, das Klima, das Oberflächengewässer und das erweiterte Gewässernetz (Strassen, Strassenentwässerung, Drainagen und Drainageschächte). Der Run-off wird durch Topographie und Bodeneigenschaften, sowie Anzahl und Grösse der Niederschlagsereignisse beeinflusst. Der Anschluss an ein Oberflächengewässer beeinflusst die Wahrscheinlichkeit und das Ausmass eines effektiven PSM-Eintrags in ein Oberflächengewässer. Die Wassersättigung des Bodens, die präferentiellen Fliesswege und die Bodentextur beeinflussen die Versickerung von PSM in Drainagen.

Die Bewirtschaftung bestimmt, ob und welche PSM-Quellen auf einem Betrieb vorhanden sind. Durch die Bearbeitung des Bodens, die Vegetationsdecke und allenfalls durch ökologische Ausgleichsflächen (öAF) in der Parzelle wird der PSM-Transport beeinflusst. Pufferstreifen und öAF am Rande der Parzellen können den Anschluss an ein Oberflächengewässer unterbinden.

3.1.1 PSM-Quelle

Ob eine Parzelle eine PSM-Quelle für einen Eintrag in ein Oberflächengewässer darstellt, wird durch viele Faktoren beeinflusst. Beispiele sind die Fruchtfolge, der Krankheits- und Schädlingsdruck, die angepflanzte Sorte, die ausgebrachte Menge an PSM, der Zeitpunkt der Anwendungen und das Wetter bei der Anwendung. Auch die Eigenschaften der PSM-Wirkstoffe sind wichtig, weil Mobilität im Boden, Verdampfung und Abbau der PSM die Verfügbarkeit für einen Eintrag in ein Oberflächengewässer beeinflussen. In dieser Arbeit wurden diese Faktoren aber nicht im Detail berücksichtigt, sondern eine einfache Zuteilung vorgenommen: offene Ackerfläche = PSM-Quelle; öAF und permanente Wiesen und Weiden ≠ PSM-Quelle.

Tabelle 1: Faktoren des Standorts und der Bewirtschaftung, welche den PSM-Eintrag in Oberflächengewässer beeinflussen.

Komponenten des PSM-Eintrags in Oberflächengewässer	Faktoren	
	Standort	Bewirtschaftung
PSM-Quelle	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzungsart: <ol style="list-style-type: none"> a) offene Ackerfläche, b) permanente Wiesen oder Weiden, c) öAF. 	<ul style="list-style-type: none"> • Wahl von FF/Kultur/Sorte. • PSM-Anwendung: <ol style="list-style-type: none"> a) Anwendungstechnik b) Auswahl des PSM. • Spezielle Anbauform: <ol style="list-style-type: none"> a) Extenso b) Bio.
PSM-Transport im Feld	<ul style="list-style-type: none"> • Erosion (als Funktion von Topographie, Boden, Niederschlag). • Infiltrationskapazität des Bodens. • Vernässungstendenz des Bodens. • Talwege. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bodenbearbeitung. • Bodenbedeckung. • öAF im Feld.
Anschluss an Oberflächengewässer	<ul style="list-style-type: none"> • Barrieren. • Drainagen. • Gewässeranschluss: <ol style="list-style-type: none"> a) via Strassenentwässerung und Schächte. b) via Nachbarparzelle. c) via bewachsenem Puffer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pufferstreifen und öAF am Feldrand. • Dämme und andere Barrieren. • Rückhaltebecken. • Sickergräben. • Künstliche, biologisch aktive Oberflächengewässer.

3.1.2 PSM-Transport in der Parzelle

PSM können nach Niederschlägen über Run-off an den Feldrand und durch Infiltration zu den Drainagen transportiert werden. Mit diesen zwei Transportpfaden definieren wir für die vorliegende Arbeit „PSM-Transport in der Parzelle“.

Die Infiltration des Wassers in den Boden erfolgt über die wasser- und luftführenden Poren in der Bodenmatrix (Darcy-Fluss) und die Makroporen (präferentieller Fluss). Wenn die Infiltrationskapazität des Bodens überschritten wird, resultiert daraus Run-off oder eine Überstauung an der Bodenoberfläche. Drainagen werden gelegt, um eine Vernässung und eine Überstauung des Bodens zu verhindern, sodass eine landwirtschaftliche Produktion möglich ist. Sie reduzieren i.d.R. den gesättigten oberflächlichen Run-off signifikant.

Das Ausmass des Run-off wird durch die Topographie, die Bodeneigenschaften und die Witterung beeinflusst. Run-off wird auf wassergesättigten und wasserungesättigten Böden beobachtet. Er tritt flächenhaft oder konzentriert, z.B. in Talwegen, auf. Beim „gesättigten Run-off“ ist der Grundwasserspiegel auf das Niveau der Oberfläche angestiegen oder eine Stauschicht verhindert die Infiltration des Wassers und führt zu einer Wassersättigung des Oberbodens. „Gesättigter Run-off“ entsteht vor allem in ebenen Flächen, in der Nähe von Gewässern, (aufgefüllten) Senken und in Hangfusslagen. „Gesättigter Run-off“ tritt über die Zeit gesehen oft an derselben Stelle auf. Er ist primär von der Niederschlagsmenge und weniger von der zeitlichen Verteilung sowie der Niederschlagsintensität abhängig.

Für die Auslösung von „ungesättigtem Run-off“ ist vor allem die Niederschlagsintensität und weniger die Niederschlagsmenge von Bedeutung. Dies heisst, dass schon nach kurzer Zeit oder durch kurze und intensive Niederschläge ein „ungesättigter Run-off“ auftreten kann. „Ungesättigter Run-off“ wird in grossem Ausmass durch die Bodenbedeckung (Vegetation, Streuschicht), die Bodenoberfläche und die Stabilität der Bodenaggregate beeinflusst. Die Stabilität der Bodenaggregate ist wiederum mit Art und Anteil der organischen Substanz im Boden verbunden. Böden können im trockenen Zustand auch eine wasserabstossende Oberfläche aufweisen. Eine gute Bodenbedeckung dämpft die kinetische Energie der Wassertropfen und ein hoher Gehalt an organischem Material im Boden erhöht die Stabilität der Bodenaggregate. Bei einer Zerstörung der Bodenaggregate entstehen kleinere Aggregate und

Einzelkornfraktionen (Schluff, Ton), welche die Poren verschliessen und die Bodenoberfläche „versiegeln“ können. Deshalb kann der „ungesättigte Run-off“ durch die Art der Bewirtschaftung stark beeinflusst werden. Auf Parzellen in Hang- und Hangfusslagen kommt es eher zu „ungesättigtem Run-off“.

3.1.3 Anschluss der Parzelle an ein Oberflächengewässer

Nach dem Transport der PSM durch Run-off an den Rand der Parzelle oder durch Infiltration in den Unterboden ist ein Anschluss der Parzelle an ein Oberflächengewässer Voraussetzung, damit die PSM in die Oberflächengewässer gelangen können. Besteht kein Anschluss an ein Oberflächengewässer, beispielsweise wenn kein Oberflächengewässer in der Nähe der Parzelle vorkommt oder wenn das Oberflächengewässer oberhalb der Parzelle liegt, ist ein PSM-Eintrag in ein Oberflächengewässer nicht direkt möglich. Wenn die PSM „filtriert“ und abgebaut werden, sei es nachdem der Run-off in der untersuchten oder der benachbarten Parzelle versickert oder der Run-off in der benachbarten Parzelle durch organisches Material einer Streuauflage oder der Vegetation gebunden wird, ist ein PSM-Eintrag in Oberflächengewässer unwahrscheinlich.

Oberirdisch kann eine Parzelle via Strassenentwässerung oder Schächte, über einen Pufferstreifen oder eine benachbarte Parzelle an ein Oberflächengewässer angeschlossen sein. Unterirdisch erfolgt der Anschluss via Drainagen. Dadurch können PSM auch in weiter entfernte Oberflächengewässer eingetragen werden. Barrieren wie Dämme, Sickergärten oder öAF können den Anschluss an ein Oberflächengewässer teilweise oder ganz unterbinden. Auch Rückhaltebecken und andere künstlich angelegte Oberflächengewässer, z.B. Biotope mit biologischer Aktivität, welche die PSM vor dem Einleiten in das Gewässernetz „herausfiltern“, können den Anschluss an ein Oberflächengewässer verringern. Allerdings sind neu angelegte Biotope möglicherweise schützenswerter als das Oberflächengewässer, welches man ursprünglich schützen wollte. Die Abdrift von PSM-haltigen Spritztröpfchen wird in dieser Arbeit nicht berücksichtigt, obwohl nach dem Transport der PSM-Tröpfchen in der Luft aus der Parzelle heraus eine Deposition auf einem nahen Oberflächengewässer oder einer benachbarten Strasse möglich ist. Die PSM-Deposition in einem Oberflächengewässer wird in der PSM-Zulassung bei der Risikoanalyse beurteilt und im Falle von möglichen unakzeptablen Effekten auf die Fauna und Flora der Oberflächengewässer werden Abstandsauflagen verfügt. Auch die PSM-Deposition auf einer benachbarten Strasse kann relevant sein. Bei einem Regenereignis können die PSM über das Entwässerungssystem der Strasse in die Oberflächengewässer gelangen. Die Beurteilung des dadurch resultierenden Risikos ist jedoch schwierig, weil über das Verhalten von PSM auf Strassen wenig bekannt ist und dieses sich möglicherweise deutlich vom Verhalten auf und im Boden unterscheidet. Beispielsweise ist es denkbar, dass Adsorption, Verdampfung, Abbau durch UV-Licht und biologischer Abbau im Boden eine andere Bedeutung als auf der Oberfläche einer Strasse haben.

3.2 Massnahmen, welche den PSM-Eintrag in Oberflächengewässer reduzieren

Gemäss der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV, 2005) sind unbehandelte Streifen von 3 m Breite gegenüber Oberflächengewässern einzuhalten. Auf und an Strassen dürfen keine Herbizide eingesetzt werden. Der PSM-Eintrag in ein Oberflächengewässer wird durch weitere Massnahmen, welche in der Regel integraler Bestandteil der Bewirtschaftung sind, verringert. Die Direktzahlungsverordnung (DZV, 1998) definiert verschiedene solcher Massnahmen (Tabelle 2). Im Anhang „ökologischer Leistungsnachweis“ sind technische Regeln zu einer geregelten Fruchtfolge (Anzahl Kulturen, Anteil der Hauptkulturen), einem geeigneten Bodenschutz (Bodenbedeckung, Erosionsschutz) und Auswahl und gezielte Anwendung der PSM (Einschränkungen Herbizide und Insektizide, Sonderbewilligungen) aufgeführt. Die Direktzahlungsverordnung (DZV, 1998) verlangt Grün- oder Streueflächenstreifen oder ein Ufergehölz von mindestens 6 Metern Breite. Auf den ersten 3 Metern dürfen weder Dünger noch Pflanzenschutzmittel ausgebracht werden und ab dem dritten Meter dürfen keine Pflanzenschutzmittel ausgebracht werden (ChemRRV, 2005).

Die hier vorgestellten möglichen Massnahmen (Tabelle 3) gehen über das Einhalten von Abständen hinaus und nehmen zum Teil auch Ziele der DZV (1998) wieder auf. Sie sind nicht als Teil eines „Kontrollsystems“ gedacht, sondern als Möglichkeit durch „on-farm“ Massnahmen die Einträge von PSM in Oberflächengewässer zu reduzieren. Die Massnahmen können auf den Ebenen Pflanzenbau, Anwendung der PSM, Bodenbewirtschaftung, Pflanzliche Puffer/öAF und der Nutzung spezieller Strukturen inner- und ausserhalb des Feldes definiert werden. Eine gute Zusammenstellung möglicher Massnahmen und Kursunterlagen befinden sich auf der Internetseite der „European Crop Protection Association (ECPA, 2013a, b).

3.2.1 Pflanzenbau

Die Wahl einer standortgerechten Fruchtfolge, der Verzicht auf PSM-intensive Kulturen, der Einsatz krankheitsresistenter Sorten, und die Umwandlung von wenig produktivem Ackerland an kritischen Stellen in Wiesland sind wichtige Möglichkeiten um die PSM-Einträge in die Oberflächengewässer an der Quelle zu reduzieren. Der Anbau bodendeckender Kulturen, Kontur-Anbau und Mulchen können den PSM-Transport grossflächig beeinflussen. Die Saat von doppelten Pflanzreihen, z.B. in Talwegen, kann den PSM-Transport lokal reduzieren.

3.2.2 Anwendung der PSM

Die Anwendung der PSM soll generell gemäss der guten Pflanzenschutzpraxis erfolgen, d.h. dass nur notwendige Behandlungen durchgeführt werden, bei der Behandlung die Witterungsverhältnisse beachtet werden, keine direkten Anwendungen auf wassergesättigte Böden erfolgen und im Obst- und Rebbau die Dosierung dem Blattvolumen angepasst wird. Spritz- und Sprühgeräte müssen einwandfrei funktionieren, und professionell bedient und eingesetzt werden.

Weitere Möglichkeiten, die PSM-Anwendung anzupassen, ergeben sich durch die Wahl der eingesetzten PSM-Produkte, evtl. basierend auf ihren ökotoxikologischen Profilen, oder durch die (im Vergleich zur Spritzapplikation) gezielte Anwendung von PSM in Form der Saatgut-Beizung oder dem Einsatz von Granulaten.

3.2.3 Bodenbewirtschaftung

Bei pfluglosem Anbau und Direktsaat bleibt die Struktur des Oberbodens mehr oder weniger erhalten. Die gute Krümelung, die Makroporosität sowie der vergleichsweise hohe Gehalt an organischem Kohlenstoff erhöhen die Wasserinfiltration und die Filterwirkung des Oberbodens für PSM. Die zu erwartende hohe biologische Aktivität fördert den Abbau der PSM.

Durch das Pflügen des Bodens in Kontur-Richtung wird der Run-off gebremst. Dies kann auch durch das Anlegen von „Dämmen“ (Kartoffeln, Spargeln) in Kontur-Richtung erreicht werden. Durch die Beseitigung von Fahrspuren, die geeignete Wahl der Zu- und Ausfahrt der Parzelle und allenfalls deren Begrünung kann der Run-off auch reduziert werden.

Bei der Saatbett-Bereitung kann eine grobe Struktur einer möglichen Verschlämmung und der damit verbundenen Hemmung der Infiltration, resp. Zunahme des Run-off, entgegen wirken.

3.2.4 Mit Pflanzen bewachsene Puffer im Feld

Mit Pflanzen bewachsene Puffer hemmen den Transport von PSM durch oberflächlichen Run-off. Die Effizienz einer Hemmung des Transportes hängt sowohl von den Standortgegebenheiten als auch von der Art und der Pflege der Pufferstreifen ab. Das Verbot des Einsatzes von Herbiziden auf und an Strassen (ChemRRV, 2005) wird in der Praxis mit der Forderung eines mindestens 0.5 m breiten Wiesenstreifens entlang von Wegen und Strassen umgesetzt. Die Idee ist, dass eine PSM-Deposition im Wiesenstreifen für den Kontrolleur sichtbare Schäden verursacht und bemängelt werden kann. Die Wirksamkeit dieser Wiesenstreifen zur Reduktion des PSM-Transportes auf die Strasse, sei es durch oberflächlichen Run-off oder durch die Drift von Insektiziden und Fungiziden, wird als gering eingeschätzt.

Eine innerhalb des Feldes angelegte Kunstwiese, die in der Fliesslinie zu einer entwässerten Strasse / einem Schacht liegt, kann an kritischen Stellen am Feldrand einen Puffer darstellen. Allenfalls kann der Run-off

auch durch die doppelte Bepflanzungsdichte der angebauten Kulturpflanze in den Fließlinien reduziert werden. In Feldern mit grossflächig auftretendem Run-off kann das Anpflanzen einer Hecke parallel zum Hang den Run-off bremsen und dadurch den PSM-Transport reduzieren.

3.2.5 Spezielle Strukturen

Drainagen vermindern Run-off bei grundwassergesättigten oder staunassen Böden. Deshalb können Drainagen als Massnahme gegen Run-off gesehen werden. Durch die Versickerung von PSM in die Drainage kann jedoch auch ein PSM-Eintrag in Oberflächengewässer erfolgen. Drainagen münden nicht zwingend in ein Oberflächengewässer, sondern können auch als Sickerleitungen, sogenannte blinde Drainagen, angelegt sein.

Am Feldrand angelegte Dämme und Gräben können den Run-off unterbrechen, respektive so umleiten, dass er nicht in Oberflächengewässer, auf Strassen und in Schächte gelangt, sondern beispielsweise in einem gut wasseraufnehmenden Boden versickert.

Künstliche Feuchtgebiete und bepflanzte Rückhalteweier können allfälligen Run-off und Drainagewasser zurückhalten und den Abbau von PSM vor der Einleitung ins Oberflächengewässer fördern. Dies gilt insbesondere für gut abbaubare und gut adsorbierende Stoffe. Eine Herausforderung liegt in der Gestaltung (geringe Gewässertiefen) und Dimensionierung der Rückhalteweier (hydrologische Kapazität), welche einen grossen Einfluss auf den Abbau der PSM und das Rückhaltevermögen haben. Das EU Projekt „Artificial Wetlands“ hat sich mit diesen Fragen beschäftigt und Prototypen erstellt (Stehle et al., 2011). Auch durch das Umgestalten von unbelebten, evtl. unterirdischen Kanälen in oberirdisch verlaufende naturnähere Oberflächengewässer kann der Abbau von PSM gefördert werden. Es ist jedoch zu bedenken, dass sich in solchen naturnahen Strukturen eine hohe Biodiversität bilden kann. Dadurch stellt sich die Frage, welche Schutzziele für „künstliche“, zum Zweck der „Reinigung“ des Wassers gebaute Strukturen gelten sollen. Damit solche Strukturen nicht wiederum geschützt werden müssen, sollte das Schutzziel für solche Strukturen im Vorhinein festgelegt werden.

Eher als „Exoten“ gelten Faszinen und „Strohsocken“, welche den Run-off bremsen und die Sorption der PSM an organisches Material fördern sollen. Faszinen bestehen aus Beigen von Ästen und Zweigen von Pflanzen, welche zwischen kleinen Pfählen oder Weidepflanzen aufgeschichtet werden. Diese Installationen sind ortsfest. Unter „Strohsocken“ versteht man mit Stroh oder anderem organischem pflanzlichem Material gefüllten Säcke, welche in der Zeit der PSM-Anwendung am Feldrand in Talwege oder vor Schächte hingelegt werden, sodass der Run-off gebremst und die PSM am pflanzlichen Material adsorbieren können.

Tabelle 2: Massnahmen, welche in der DZV aufgeführt sind und deren Umsetzung für den ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN) in der Schweiz nötig ist. Q: PSM-Quelle, T: PSM-Transport, A: Anschluss zu Oberflächengewässern.

Massnahmenbereich	Massnahme	Hauptfaktor für PSM-Eintrag			Anwendbarkeit der Massnahme
		Q	T	A	
Pflanzenbau	<ul style="list-style-type: none"> Saat Winterkultur oder Gründüngung September bis 15. November. 		x		<ul style="list-style-type: none"> immer.
Bodenbewirtschaftung	<ul style="list-style-type: none"> Massnahmen zum Erosionsschutz. 		x		<ul style="list-style-type: none"> bei wiederholtem Bodenabtrag.
Anwendung PSM	<ul style="list-style-type: none"> Kein PSM-Einsatz vom 1. November bis 15. Februar. Einschränkungen Voraufherbizide und Insektizide. PSM-Einsatz nur mit Sonderbewilligung möglich. Berücksichtigung von Schadschwellen. Berücksichtigung von Empfehlungen von Prognose- und Warndiensten. Berücksichtigung von Risikoprofilen bei der Auswahl der PSM. 	<ul style="list-style-type: none"> x x x x x x 			<ul style="list-style-type: none"> z.T. werden PSM prophylaktisch eingesetzt. Prognosen- und Warndienst sind vorhanden. Risikoprofile nur für Nützlinge vorhanden.
Pufferstreifen / öAF*	<ul style="list-style-type: none"> Grün- oder Streueflächenstreifen oder ein Ufergehölz von mindestens 6 Metern Breite entlang von Oberflächengewässern. 		x	x	

* In der PSM-Zulassung werden Abstandsauflagen (6 – 100 m) abhängig von den Risiken verfügt.

Tabelle 3: Massnahmen um den Eintrag von PSM in Oberflächengewässer zu verringern.

Q: PSM-Quelle, T: PSM-Transport, A: Anschluss an ein Gewässer, x: ist relevant; g: gering, m: mittel, h: hoch.

Massnahmenbereich	Massnahme	Hauptfaktor PSM-Eintrag			Wirkung*	Anwendbarkeit
		Q	T	A		
Pflanzenbau	<ul style="list-style-type: none"> • Standortangepasste Fruchtfolge, Sortenwahl. • Umwandlung von wenig wertvollem Ackerland in Grasland. • Bodendeckende Kulturen, permanent. • Bodendeckende Kulturen, ein- oder wenigjährig. • Lokal doppelte Saatreihen. • Kontur-Anbau. • Mulchen, langfristig. 	x			m	<ul style="list-style-type: none"> • immer.
		x	x		m	<ul style="list-style-type: none"> • in Talwegen, bei Schächten.
			x		m	<ul style="list-style-type: none"> • z.B. Grünbedeckung im Obst- und Rebbau.
			x		g, m	<ul style="list-style-type: none"> • z.B. Kunstwiese (KW).
			x		g	<ul style="list-style-type: none"> • z.B. in Talwegen; Wirkung wahrscheinlich sehr gering.
			x	x	g m	<ul style="list-style-type: none"> • z.B. Maisanbau.
Anwendung PSM	<ul style="list-style-type: none"> • Kein Einsatz chemisch-synthetischer PSM (Bio). • Anbau Extenso. • Vermehrt Einsatz von Saatbeizung und Granulaten. • Produktauswahl dem Risikoprofil der PSM angepasst. 	x			h	<ul style="list-style-type: none"> • bedingt moderne Geräte, damit Staubdrift gering ist. • Risikoprofile nur für Nützlinge verfügbar.
		x			h	
		x			h	
		x			m	
Bodenbewirtschaftung	<ul style="list-style-type: none"> • Pflugloser Anbau (Direktsaat, modifizierte Direktsaat). • Kontur-Pflügen. • Fahrspuren beseitigen. • geeignete Wahl / Begrünung der Zufahrt. • Dämme im Feld. • Saatbett grob. 		x		h	<ul style="list-style-type: none"> • Nicht für alle Kulturen und nasse und drainierte Böden. • Je nach Grösse und Form der Parzelle. • Kartoffeln, Spargeln, ... • Kulturabhängig.
			x		h	
			x		m	
			x		m	
			x		g	
Pufferstreifen im Feld	<ul style="list-style-type: none"> • Puffer gegen entwässerte Strassen und Schächte. • öAF bei entwässerten Strassen, Schächten und Gewässern. • öAF ausserhalb des Feldes gegen entwässerte Strassen, Schächte und Oberflächengewässer. 			x	m	<ul style="list-style-type: none"> • Kunstwiese.
				x	h	<ul style="list-style-type: none"> • Bunt-, Rotationsbrachen, Ackerschonstreifen, Saum auf Ackerfläche.
				x	h	<ul style="list-style-type: none"> • Hecken, Feld- & Ufergehölze, Streueflächen, extensiv und wenig intensiv genutzte Wiesen.
Strukturen ausserhalb des Feldes	<ul style="list-style-type: none"> • Wall, Damm. • Faszinen, Strohsocken etc. • Rückhaltebecken. • bepflanzte Wassergräben. • Feuchtgebiet / Teich. • Grosse, schnell fliessende Oberflächengewässer. 			x	m	<ul style="list-style-type: none"> • grosser Wartungsaufwand. • sinnvoll, wenn schon bestehend. • bei gut abbaubaren Wirkstoffen.
				x	m	
				x	h	
				x	h	
				x	h	
				x	h	

* Beurteilung der Wirkung nach eigener Einschätzung; z.T. basierend auf TOPPS Prowadis (ECPA, 2013a).

3.3 Datenbeschaffung und Beschreibung von Parzellen und Betrieb

3.3.1 Standort als Faktor des PSM-Eintrages in Oberflächengewässer

Als Informationsquellen wurden vorhandene Karten, Auskünfte sowie Unterlagen der Betriebsleiter und Beobachtungen bei Feldbegehungen verwendet (Tabelle 4). Das Vorgehen zur Beschaffung der Daten und der Beschreibung des Ist-Zustandes der Parzellen wurde im Voraus festgelegt (Tabelle 5). Die Karten stammen von den Geoportalen des Bundes (Swisstopo, 2013) und der Kantone (BAFU, 2013). Die hochaufgelösten Luftbilder (Orthophoto), die Erosionsrisikokarte ERK2 (Gisler et al., 2011) und das erweiterte Gewässernetz aus der Gewässeranschluss-Karte (GAK) (Alder et al., 2013) stammen vom Geoportal des Bundes. Bodenkarten und Drainagekarten stammen von kantonalen Geoportalen. Zusätzlich wurden bei Bedarf Karten der amtlichen Vermessungen (z.B. Drainagekarten) von den Gemeinden besorgt. Die Datengrundlagen sind je nach Kanton und Lage des untersuchten Betriebes, insbesondere in Bezug auf den Boden und Drainagen, sehr unterschiedlich.

Tabelle 4: Informationsquellen zur Beschreibung des PSM-Eintrags in Oberflächengewässer.

Komponenten	Informationsquellen	
	Geoportale	Betriebsleiter und Feldbegehung
PSM-Quellen	<ul style="list-style-type: none"> • Hochaufgelöste Luftbilder (Orthophoto) von Swisstopo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Parzellenplan, Schlagkartei
PSM-Transport im Feld: a) gesättigter Run-off.	<ul style="list-style-type: none"> • Bodenkarten, Drainagekarten. • (Topo-Index). 	Beobachtungen zu <ul style="list-style-type: none"> • vernässten Flächen. • Teichbildung. • Drainageflächen.
b) ungesättigter Run-off	<ul style="list-style-type: none"> • Erosionsrisikokarte. • Fließlinienberechnung. • Bodenanalyse Textur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Erosionsablagerungen • Bodenverschlämzung • Bodenverdichtung • ÖLN Bodenproben Textur (Schluff, Sand, Ton) • Beobachtung von Run-off bei Starkniederschlägen, Erosion
Anschluss an ein Oberflächengewässer	<ul style="list-style-type: none"> • Oberflächengewässer, Strassen. • Erweitertes Gewässernetz. • Drainagepläne. • Fließlinienberechnung. • Senken 	Information zu <ul style="list-style-type: none"> • Drainagen. • Schächten. • Senken. • aufgefüllten Senken.

Die GIS Daten wurden in Esri ArcGis 9.3 verwaltet, ergänzt und weiter bearbeitet. Die hochaufgelösten Luftbilder wurden als Grundkarten für die Erstellung der Karten PSM-Quellen, PSM-Transport und Anschluss an ein Oberflächengewässer verwendet. Fehlende Informationen zu Bodeneigenschaften, Drainagen Kontrollschächten, genauere Informationen zur Bewirtschaftung und Information über Besonderheiten und möglichen Massnahmen wurden durch ein Interview mit dem Betriebsleiter und eine Feldbegehung gewonnen (siehe Anhänge 1-3). Basierend darauf wurden die Karten vervollständigt, respektive korrigiert.

In der Karte „PSM-Quellen“ werden die Parzellen, welche offene Ackerflächen sind, als PSM-Quelle bezeichnet. Permanente Wiesen und Weiden sowie ökologische Ausgleichsflächen zählen nicht als PSM-Quellen. Die Information stammt aus kantonalen Geoportalen, dem Parzellenplan oder der Schlagkartei des Betriebsleiters. Mit Hilfe der Orthophotos wurde die Einteilung verifiziert.

In der Karte „PSM-Transport“ wurde das Potential in den Parzellen für gesättigten und ungesättigten Run-off dargestellt. Die Darstellung des Potentials für gesättigten Run-off beruhte darauf, ob in einer Parzelle vernässte Stellen auftreten können. Es wurden situativ verschiedene Informationsquellen beigezogen. Die Bedeutung von Grund- und Hangwasser wurde zum Teil aus Bodenkarten abgelesen. Die Bodenkarten sind

aber je nach Region unterschiedlich detailliert (Frei, 1980) und konnten nicht immer verwendet werden. Infiltrationskapazität bzw. Infiltrationshemmung konnten auch aus Bodentextur und Humusgehalt, welche von den ÖLN Bodenanalysen her bekannt sind, abgeleitet werden. Zentral waren die Informationen des Landwirtes zu vernässten Stellen und temporären Teichbildungen.

Die Darstellung des Potentials für ungesättigten Run-off beruhte darauf, ob in einer Parzelle Erosion auftritt. Die Erosionsrisikokarte ERK2 berücksichtigt die Erosivität des Niederschlags, die Erodierbarkeit des Bodens, die Hanglänge und die Hangneigung und zeigt das potentielle Erosionsrisiko in einer Parzelle an. Zusätzlich wurden Fliesslinien mit der für die Gewässeranschlusskarte (Alder et al., 2013) verwendeten Methodik berechnet, d.h. mit Hilfe des Höhenmodells SwissAlti3D wurde der Run-off aufgrund der Topographie ermittelt (flowaccumulation ArcGis Deterministic8 oder SAGA-GIS Deterministic Infinity und Multi Flow Directions). In der vorliegenden Arbeit besteht eine Fliesslinie aus zusammenhängenden Punkten, welche ein Einzugsgebiet über 500 m² haben. Ökologische Ausgleichsflächen (öAF) wurden eingezeichnet, weil sie den ungesättigten Run-off reduzieren können.

In der Karte „Anschluss an ein Oberflächengewässer“ wird der Anschluss des aus der Parzelle austretenden Wassers an ein Oberflächengewässer dargestellt. Wichtige Faktoren sind die Distanz des Parzellenrandes zum nächsten Oberflächengewässer, benachbarte entwässerte Strassen, Entwässerungsschächte, Drainagen und Drainagekontrollschächte. Es wurde das in der Gewässeranschlusskarte errechnete erweiterte Gewässernetz (Alder et al., 2013) verwendet, welches in Rücksprache mit dem Betriebsleiter überprüft und allenfalls korrigiert worden war. Das erweiterte Gewässernetz wurde ergänzt, weil Drainagen einen direkten Anschluss an die Oberflächengewässer darstellen. Pläne der Drainagen wurden in gedruckter Form bei der Gemeinde/Betriebsleiter oder teilweise digital bei den kantonalen Geoportalen bezogen. Ökologische Ausgleichsflächen (öAF) wurden eingezeichnet, weil sie den Anschluss an ein Oberflächengewässer einschränken können.

Tabelle 5: Arbeitsschritte von der Datenerfassung bis zur Bewertung der Parzellen.

Arbeitsschritt	Input	Tätigkeiten	Output
Beschaffen GIS Daten und Parzellenplan	<ul style="list-style-type: none"> • Angaben zu Standort und Betrieb. 	<ul style="list-style-type: none"> • Informationssuche in Geoportalen. • Kontaktaufnahme mit Behörden (Gemeinden, Kantone, Bund). • Kontaktaufnahme mit Betriebsleitern. 	<ul style="list-style-type: none"> • Parzellenplan mit öAF. • Schlagkartei. • Orthophoto. • evtl. AV-Katasterparzellen. • Erosionsrisikokarte (ERK2). • Bodenkarten. • Höhenmodell. • Gewässeranschlusskarte (GAK) (Vektor 25/DOM). • Drainagekarten.
Erstellen der Karten: a) PSM-Quellen, b) PSM-Transport, c) Anschluss an Oberfläche ngewässer	<ul style="list-style-type: none"> • Parzellenplan (mit öAF). • Schlagkartei. • Orthophoto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellen eines GIS Parzellenplans. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwurf Parzellenplan PSM-Quellen.
	<ul style="list-style-type: none"> • ERK2. • Bodenkarten. • Höhenmodell. • Parzellenplan (mit öAF). 	<ul style="list-style-type: none"> • Kombination ERK2 mit Bodenkarte. • Berechnen der Fliesslinien • Aufnahmen von Landschaftselemente wie Hecken, Pufferstreifen, öAF 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwurf Karte PSM-Transport im Feld.
	<ul style="list-style-type: none"> • GAK. • Drainagekarte. • Fliesslinienberechnung. 	<ul style="list-style-type: none"> • Übernehmen des erweiterten Gewässernetzes. • Schnittpunkte der Fliesslinien und des erweiterten Gewässernetzes lokalisieren. • Drainierte Flächen lokalisieren. • Landschaftselemente wie Hecken, Pufferstreifen, öAF aufnehmen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwurf Karte Anschluss an ein Oberflächengewässer.
Interview und Feldbegehung	<ul style="list-style-type: none"> • Entwürfe der Karten. • Checkliste Interview und Feldbegehung. • Massnahmenkatalog. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interview mit Betriebsleiter. • Feldbegehung. • Aufnahme der Informationen in die Karten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Korrigierte / vervollständigte Karten. • Informationen zu der landwirtschaftlichen Praxis und zu standörtlichen Besonderheiten. • Information zu den schon ergriffenen Massnahmen.
Beschreiben und Klassifizieren der Parzellen	<ul style="list-style-type: none"> • Karten. • Informationen zu landwirtschaftlicher Praxis. • Notizen. • Bewertungstabelle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bewertung auf Ebene Standort. • Bewertung auf Ebene Bewirtschaftung. • Ableiten von Massnahmen. 	Bericht mit: <ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung Potential des PSM-Eintrags in Oberflächengewässer. • Mögliche Massnahmen.

3.3.2 Aktuelle Bewirtschaftung als Faktor des PSM-Eintrages in Oberflächengewässer

In einem Interview mit dem Betriebsleiter wurde die aktuelle Bewirtschaftung der Parzellen erfasst. Die Grundlage für das Interview waren Entwürfe der Karten zu PSM-Quellen, PSM-Transport und Anschluss an Oberflächengewässer, eine Parzellenbewertung bezüglich worst-case Potential für PSM-Einträge in Oberflächengewässer, sowie ein Fragebogen (Anhang 1). Die Karten wurden nach Rücksprache mit dem

Betriebsleiter korrigiert, respektive ergänzt. Im Interview wurden Fragen zu folgenden Themen gestellt: Bewirtschaftung allgemein, Parzellen, welche eine PSM-Quelle darstellen können, PSM-Transport und den öAF. Schlussendlich wurden Massnahmen zur Reduktion der PSM-Einträge in Oberflächengewässer - welche der Betriebsleiter evtl. schon von sich aus umgesetzt hatte – diskutiert.

Bei der Feldbegehung wurden Parzellen mit hohen potentiellen PSM-Einträgen in Oberflächengewässer genauer betrachtet (Anhang 3). Die Karten und die Informationen aus dem Interview mit dem Betriebsleiter wurden vor Ort verifiziert.

3.4 Bewertung der Parzellen bezüglich PSM-Eintrag in Oberflächengewässer

3.4.1 Stufen der Bewertung

Die Parzellen wurden basierend auf den erhobenen Daten und Informationen bezüglich des Potentials für PSM-Einträge in Oberflächengewässer bewertet. Eine Abschätzung des absoluten PSM-Eintrages ins Oberflächengewässer war mit dem gewählten Verfahren nicht möglich. Das Potential für PSM-Einträge in Oberflächengewässer diente dazu, Parzellen relativ zueinander zu bewerten und zu priorisieren, in welchen Parzellen zusätzliche Massnahmen zur Reduktion des PSM-Eintrags in Oberflächengewässer ergriffen werden sollten.

Die Bewertung der Parzellen bezüglich des Potentials für PSM-Einträge in Oberflächengewässer kann auf den Stufen Standortfaktoren, Bewirtschaftung und mögliche Massnahmen erfolgen (Tabelle 6). Auf Ebene Standortfaktoren wurde ein „worst-case“ Potential für PSM-Einträge in Oberflächengewässer abgeschätzt. Dieses „worst-case“ Potential kann aber durch die Art der Bewirtschaftung (Bodenbedeckung, Fruchtfolgen, ...) stark beeinflusst werden. Durch die Bewertung der zusätzlichen Informationen auf der Ebene Bewirtschaftung wurde ein realistischeres Potential für die PSM-Einträge in Oberflächengewässer abgeschätzt. Eine weitere Bewertung betrifft die Wirkung zusätzlicher Massnahmen, mit welchen die PSM-Einträge in Oberflächengewässer reduziert werden. Es wurde vorgeschlagen, bei welchen Parzellen durch welche zusätzlichen Massnahmen die PSM-Einträge in Oberflächengewässer reduziert werden könnten.

Tabelle 6: Stufe der Bewertung versus Aussagekraft.

Stufe	Aussagekraft bezüglich PSM-Einträge in Oberflächengewässer
Standortfaktoren	„worst-case“
Standortfaktoren + Bewirtschaftung	realistisch
Mögliche Massnahmen	Reduktionspotential

3.4.2 Bewertung basierend auf dem Standort

Auf Ebene der Standortfaktoren wurde das „worst-case“ Potential für PSM-Einträge in Oberflächengewässer abgeschätzt. Die Parzellen eines Betriebes wurden je nach ihrer topographischen Lage anders bewertet. Die Bewertung von Parzellen in Hang- und Hangfusslagen basierten wir auf dem Erosionsrisiko in der Parzelle und dem Anschluss zum nächsten Oberflächengewässer (Tabelle 7). In Hangfusslagen und der Ebene stehen die Bodeneigenschaften und der Anschluss an ein Oberflächengewässer im Zentrum (Tabelle 8). Die Bewertung berücksichtigt dabei Infiltrationshemmung (Ablagerung von Feinsedimenten, Infiltrationshemmnisse im Ober- und Unterboden, hoch stehendes Grundwasser) und Geländeformen (Talwege, Austritt von Hangwasser, Senken).

Sind bei einer Parzelle beide Beurteilungsschemas möglich, zählt die Bewertung, welche den grösseren potentiellen PSM-Eintrag voraussagt. Für die Parzellenbeschreibung und die Entwicklung von möglichen Massnahmen sind jedoch alle möglichen Gewässereinträge zu berücksichtigen.

Tabelle 7: Hang- und Hangfusslagen - Potentieller PSM-Eintrag in Oberflächengewässer als Funktion von Erosionsrisiko (ERK2) und dem Anschluss an Oberflächengewässer.

Anschluss an Oberflächengewässer über:	mittleres Erosionsrisiko		hohes Erosionsrisiko	
	auf >25% der Parzelle	auf >50% der Parzelle	auf >25% der Parzelle	auf >50% der Parzelle
1. Abgrenzende Barriere*	sehr gering	sehr gering	sehr gering	gering
2. Benachbarte Parzelle	gering	gering	gering	mittel
3. Drainagen, in Ebene	gering	gering	gering	mittel
4. Drainagen, in Senke	mittel	mittel	mittel	hoch
5. Strassenentwässerung, Schacht	mittel	hoch	sehr hoch	sehr hoch
6. Bewachsener Puffer von 3 m Breite	hoch	hoch	sehr hoch	sehr hoch

* Parzellen ohne Drainage

Tabelle 8: Hangfusslagen und Ebenen – Potentieller PSM-Eintrag in Oberflächengewässer als Funktion der Bodeneigenschaften und dem Anschluss an Oberflächengewässer.

Anschluss an Oberflächengewässer über:	Normal durchlässige Böden	Talweg mit Infiltrationshemmung	Oberflächeninfiltrationshemmung	Stauwass, Grundwasser beeinflusst
1. Abgrenzende Barriere*	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering
2. Benachbarte Parzelle	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering
3. Drainagen, in Ebene	sehr gering	gering	gering	mittel
4. Drainagen, in Senke	sehr gering	mittel	mittel	hoch
5. Strassenentwässerung, Schacht	gering	mittel	hoch	sehr hoch
6. Bewachsener Puffer von 3 m Breite	gering	mittel	hoch	sehr hoch

* Parzellen ohne Drainage

3.4.3 Bewertung auf Ebene Bewirtschaftung

Auf Ebene der Bewirtschaftung wurde das „realistische“ Potential für PSM-Einträge in Oberflächengewässer abgeschätzt. Einen exakten „Schlüssel“ zur Bewertung des Einflusses der Bewirtschaftung gibt es nicht. Der verwendete Bewertungsansatz ist tabellarisch dargestellt mit den Kategorien gering, mittel und hoch wirksam (Tabelle 3). Die Einteilung erfolgte nach eigener Einschätzung und basierend auf Angaben der European Crop Protection Association (ECPA, 2013a).

Beispielsweise wird die Erosion stark von der Bodenbearbeitung und der angepflanzten Kultur beeinflusst. Analog wird auch davon ausgegangen, dass der PSM-Transport via Run-off durch Bodenbearbeitung und die angepflanzte Kultur beeinflusst wird. Spezifische Massnahmen wie Pufferstreifen können lokal die Infiltrationskapazität erhöhen und damit den ungesättigten Run-off reduzieren oder den Anschluss an ein Oberflächengewässer unterbrechen (Wirkung: mittel – hoch). Bei der Bewirtschaftung wird zwischen bodenkonservierenden Anbaumethoden und Pflugsystem unterschieden (Wirkung: hoch). Bei der Bodenbearbeitung mit Pflug wird die Gestaltung des Saatbetts (fein/grob) und aggregatsstabilisierende Massnahmen, wie Mulchen berücksichtigt.

Eine einheitliche und systematische Bewertung des Einflusses der Bewirtschaftung und der Wirksamkeit der Massnahmen ist schwierig, weil es mehrere Eintragspfade gibt und diese sich gegenseitig beeinflussen können (z.B. Drainagen vs. gesättigten Run-off).

3.4.4 Ableiten von zusätzlichen Massnahmen

Wenn in der ersten Bewertung ein sehr hohes, hohes oder mittleres Potential für einen PSM-Eintrag in Oberflächengewässer ermittelt wurde, wurde die Situation genauer analysiert. Zusätzlich wurden mögliche Massnahmen zur Reduktion des PSM-Eintrags in Oberflächengewässer vorgeschlagen. Beispiele von Massnahmen sind in Tabelle 3 aufgeführt. Die Strategie ist es Massnahmen, die den PSM-Transport minimieren und den Anschluss an ein Oberflächengewässer unterbinden, vorzuschlagen. Falls diese Massnahmen zu wenig Erfolg versprechen, kann eine Einschränkung des PSM Einsatzes in Betracht gezogen werden.

Es geht in erster Linie darum, dem Betriebsleiter die kritischen Situationen aufzuzeigen und mögliche Optionen vorzuschlagen. Dabei ist nicht nur die Wirksamkeit der Massnahme, sondern auch die Umsetzbarkeit zu berücksichtigen. Der Massnahmenvorschlag ist in eine gesamtbetriebliche Strategie/Beratung einzubinden und mit Massnahmen aus anderen Problembereichen abzugleichen. Der Betriebsleiter muss für eine erfolgreiche Umsetzung hinter den Massnahmen stehen können (de Snoo et al., 2012). Es sollen Synergien und trade-off Situationen erkannt und optimale Kompromisslösungen gefunden werden.

4 Resultate

4.1 PSM-Eintrag in Oberflächengewässer vom Pilotbetrieb in Seedorf (BE)

4.1.1 Betrieb und Oberflächengewässer

Betrieb

- Betriebsgrösse: 16.5 ha.
- Anteil offener Ackerfläche: 10 ha (61 %).
- Anteil permanenter Wiesen und Weiden: 5 ha (30 %).
- Anteil ökologischer Ausgleichsflächen (öAF): 1.5 ha (9 %).
- Angebaute Kulturen: Zuckerrüben (ZR), Winterweizen (WW), Kunstwiese (KW), Silomais (SM).
- Bodenbearbeitung: Direktsaat.
- Bewirtschaftung: Konventionell.
- Tierhaltung und Futterbau: Tierhaltung und Futterbau werden mit dem Nachbarn als Gemeinschaft betrieben.
- Parzellenaufteilung: Wiesen und Weiden und daran anschliessend die Ackerflächen sind direkt um den Weiler Rättli angelegt. Zwei einzelne Parzellen liegen etwas entfernt im Nord-Osten.
- öAF-Typen: Wiese, Trockenwiese, Hecke, Streue Fläche (vertragliche Vereinbarung mit Naturschutz).
- Anteil öAF mit Qualität/Vernetzung: Die Hälfte der Trockenwiese am Rain, die Hecke und die öAF Hubel wurden zu öAF mit Qualität aufgewertet. Es besteht ein Vernetzungsprojekt, in welches die meisten öAF einbezogen sind.
- Boden: Alle Parzellen weisen einen schwach humosen sandigen Lehmboden auf. Diese Böden haben eine gute Infiltrationskapazität.
- Topographie: Die Parzellen weisen eine hohe Neigung mit teilweise abfallenden Feldrändern auf. An den Stellen mit den stärksten Neigungen wurden öAF angelegt.

Oberflächengewässer

Der Pilotbetrieb in Seedorf ist interessant, weil er im Einzugsgebiet des Seebachs liegt, in welchem die Konzentration der PSM-Wirkstoffe 0.1 Mikrogramm pro Liter teilweise überschritt (Ochsenbein 2007). Der Betrieb und die einzelnen Parzellen sind in Abbildung 1 dargestellt. Der Betrieb liegt auf einer Hügelkuppe. Die Parzellen Bösland, Weid und Hausacker entwässern Richtung Nordwesten in den Wald. Aus dem Wald wird ein Bach unterirdisch in die Alte Aare eingeleitet. Die meisten Parzellen, wie Ägerten (3), Halen (4), Rain (6), Bündli (11) und Hubel (12) entwässern Richtung Südosten in den Seebach, der bei Suberg in den Lyssbach und später in die Alte Aare mündet. Der Lobsigensee hat keinen Oberflächenzufluss und ist von sumpfigem Umland umgeben. Durch Drainagen und einen Kanal, der bei Aspi die tiefste Stelle erreicht, konnte die Seematte entwässert und für die Landwirtschaft urbar gemacht werden.

Der Seebach zählt zu den kleinen Oberflächengewässern in der Landwirtschaftszone, die durch PSM am stärksten beeinträchtigt werden können. Während der Jahre 2005 und 2006 wurden PSM-Messungen (vor allem Herbizide) bei Niedrigwasser und bei Hochwasser durchgeführt. Dabei konnte aufgezeigt werden, dass die PSM-Konzentrationen während der Applikationsperiode bei Trockenwetter unterhalb von 0.1 Mikrogramm pro Liter liegen, bei Hochwasserereignissen dieser Wert jedoch oft überschritten wird (Ochsenbein, 2007).

4.1.2 Bewertung basierend auf dem Standort

Auf 8 von 12 Parzellen wird auf einer Fläche von 10 ha Ackerbau betrieben (Abbildung 1). Die Fruchtfolge ist Zuckerrübe (ZR), Winterweizen (WW), Kunstwiese (KW), Silomais (SM). Die Parzellen 7, 8, 9 sind permanente Wiesen oder Weiden und Parzelle 10 ist eine öAF. In diesen Parzellen werden keine PSM eingesetzt.

Die Parzellen Halen (4), Rein (6), Bösland (1) und Hausacker (5) weisen ein sehr hohes Potential des PSM-Transports durch Run-off auf. Die Parzelle Ägerten weist in der unteren Parzellenhälfte ein hohes Potential

des PSM-Transports durch Run-off auf. Die Parzelle Hubel (12) ist gegen Norden abfallend. Die Infiltrationskapazität des schwachhumosem sandigen Lehms ist gut.

Die Parzellen befinden sich auf der Hügelkuppe oder in Hanglage und haben keinen direkten Gewässeranschluss. Es gibt jedoch einige entwässerte Feldwege mit Schächten und unterhalb von Parzellen befinden sich Schächte auf dem Feld (Abbildung 3).

In den Parzellen Halen (4), Rain (6) und Hubel (12) ist der potentielle „worst-case„ PSM-Eintrag basierend auf den Standortfaktoren erhöht. In den anderen Parzellen ist das Potential gering oder sehr gering (Tabelle 9).



Abbildung 1: Karte „PSM-Quellen“ für den Betrieb in Seedorf.

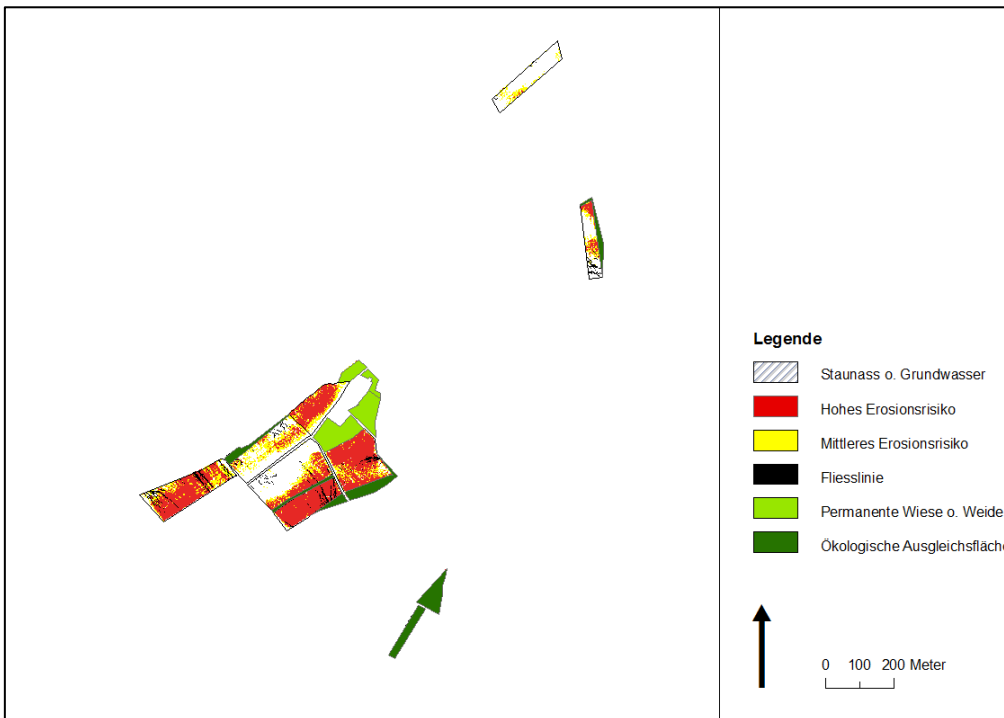


Abbildung 2: Karte „PSM-Transport“ für den Betrieb in Seedorf.

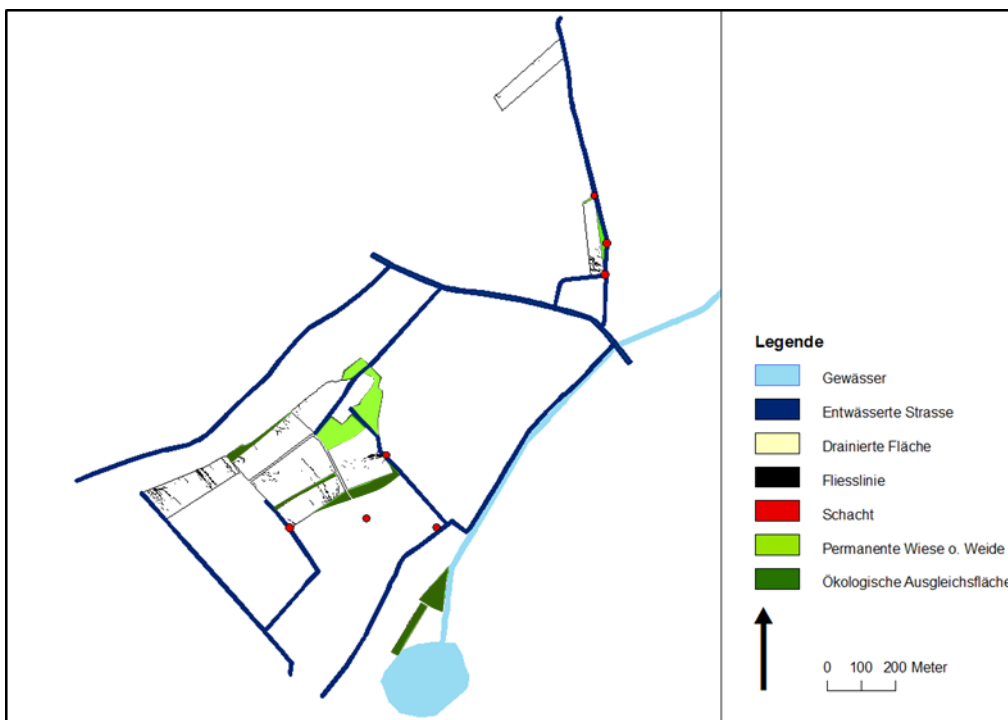


Abbildung 3: Karte „Anschluss an Oberflächengewässer“ des Betriebs in Seedorf.

Tabelle 9: Potential des PSM-Eintrags in Oberflächengewässer der Parzellen in Seedorf. H: Hang; HF: Hangfuss; E: Ebene; sg: sehr gering; g: gering; m: mittel; h: hoch; sh: sehr hoch.

Parzelle	Lage	Art des Anschlusses an ein Oberflächengewässer (siehe Tabelle 7 und Tabelle 8)						Potential des PSM-Eintrags				
		H	HF	E	1	2	3	4	5	6	Standort - faktoren	Bewirtschaftung
1	Bösland	x			sg	-	-	-	-	-	sg	sg
2	Weid	x			sg	-	-	-	-	-	sg	sg
3	Ägerten	x			-	g	-	-	-	-	g	sg
4	Halen	x			-	m	-	-	-	-	m	g
5	Hausacker	x			sg	-	-	-	-	-	sg	sg
6	Rain	x			-	-	-	-	sh	-	sh	h
11	Bündli			x	-	-	-	-	g	-	g	sg
12	Hubel	x	x						m		m	g

4.1.3 Bewertung auf Ebene Bewirtschaftung und Massnahmen

Bewirtschaftung

In den Parzellen Halen (4), Rain (6) und Hubel (12) ist der potentielle „worst-case“, PSM-Eintrag basierend auf den Standortfaktoren erhöht. Um den PSM-Eintrag realistischer abzuschätzen, wurden diese Parzellen genauer untersucht.

Halen (4): Die entwässerte Strasse mit Schacht im Westen der Parzelle ist wegen der Abflussrichtung nicht problematisch. Allerdings könnten durch Abdrift PSM auf die Strasse gelangen und von da in den Schacht eingetragen werden. Unterhalb der Parzelle liegt eine Tiefenlinie, die in einen Schacht führt. Durch konzentrierten Run-off könnten PSM aus dem östlichen Teil der Parzelle in den Schacht fliessen. Die Parzelle ist an dieser Stelle, auf einem Geländeabsatz, durch einen mehrere Meter breiten Puffer (Trockenwiese) begrenzt. Der Puffer und die Direktsaat reduzieren einen potentiellen PSM-Eintrag in Oberflächengewässer stark.

Rain (6): Die Parzellenform kann konzentrierten Run-off in der Mitte der Parzelle Richtung Osten begünstigen. Am Feldrand liegt ein Schacht, der durch einen ca. 1 m breiten Puffer abgeschirmt wird. Diese Abschirmung verringert einen potentiellen PSM-Eintrag in Oberflächengewässer – jedoch nicht mit hoher Effizienz.

Hubel (12): Das nördliche Ende der Parzelle ist abfallend und führt direkt zu einen Strassenschacht. Der Schacht wird durch einen Puffer von ca. 1 m abgeschirmt und durch die Direktsaat wird die Entstehung von Run-off auf dem Feld vermindert. Diese Abschirmung verringert einen potentiellen PSM-Eintrag in Oberflächengewässer – jedoch nicht mit hoher Effizienz.

Da in allen Parzellen das Direktsaat-Verfahren eingesetzt wird, ist der PSM-Transport im Feld generell verringert. Abfallende Feldabschlüsse, wie in den Parzellen Hubel, Ägerten, Halen und Rain sind mit Hecken oder Graspufferstreifen bewachsen, sodass der Anschluss an Oberflächengewässer blockiert ist. Bei der Umstellung auf Direktsaat war beschlossen worden, auf den Kartoffelanbau zu verzichten, sodass keine PSM-intensive Kultur mehr angebaut wird. Damit sind schon mehrere wichtige Massnahmen umgesetzt.

Zusätzliche Massnahmen und Aspekte der Umsetzung

Halen (4): Im östlichen Teil könnte das Ansäen eines Puffers entlang der Tiefenlinie unterhalb der Parzelle hilfreich sein. Die Tiefenlinie liegt jedoch nicht auf der Betriebsfläche und die Anlage eines Puffers ist deshalb ausserhalb des Entscheidungsbereichs des Betriebsleiters.

Rain (6): Helfen können die Verbreiterung des Puffers um den Schacht, das Ansäen neuer Puffer entlang der Abflusslinie, sowie Pufferstreifen im Hang, um den Fluss des Run-off zu unterbrechen. Mit einem Puffer in der Parzelle Rain würde aber sehr fruchtbares und ertragsreiches Land für die Produktion verloren gehen.

Ein Pufferstreifen im Hang wäre eher denkbar, schränkt jedoch die Bewirtschaftung der Parzelle ein. Die Verbreiterung des Puffers um den Schacht ist eine weitere mögliche Massnahme. Die Wirkung dieser Massnahmen ist aber schwer einzuschätzen.

Hubel (12): Im nördlichen Teil könnten breitere Puffer um den Schacht angelegt werden. Die Effektivität dieser Massnahme ist schwer abzuschätzen.

4.2 PSM-Eintrag in Oberflächengewässer vom Pilotbetrieb in Scherz (AG)

4.2.1 Betrieb und Oberflächengewässer

Betrieb

- Betriebsgrösse: 33 ha.
- Anteil offener Ackerfläche: 28 ha (85 %).
- Anteil permanenter Wiesen und Weiden: keine.
- Anteil ökologischer Ausgleichsflächen (öAF): 5 ha (15 %) ohne Qualitäts- und ohne Vernetzungsbeiträge.
- Angebaute Kulturen: Erbsen, Bohnen, Spinat, Dinkel, Zuckerrüben, Raps mit Gründüngung als Zwischenkultur (ausser vor Wintergetreide und nach Zuckerrüben).
- Bodenbearbeitung: Zuckerrüben mit Mulchsaat, Getreide mit Direktsaat, Bodenbearbeitung nur mit Grubber.
- Bewirtschaftung: konventionell, nach ÖLN.
- Tierhaltung: Keine, reiner Ackerbaubetrieb.
- Parzellenlage: Die Parzellen liegen alle in kurzer Fahrdistanz um das Dorf Scherz.
- öAF-Typen: Extensive Wiesen und hochstämmige Obstbäume.

Oberflächengewässer

Der Pilotbetrieb Scherz liegt im Einzugsgebiet des Süssbachs. Der Süssbach fliesst aus einem Wald südlich von Scherz teilweise unterirdisch in den Büselweier, durch Scherz und dann gegen Osten durch eine landwirtschaftlich geprägte Gegend, welche durch Drainagen in den Süssbach entwässert wird. Danach fliesst der Süssbach nach Norden durch Industrie und Wohngebiete und schlussendlich bei Brugg in die Aare. Eine Wiederbesiedlung des Süssbachs aus der Aare ist kaum möglich, weil er im Wohn- und Industriegebiet zu stark korrigiert und verbaut worden ist.

Die Abflussmenge des Süssbachs war früher durch eine Schutzpumpe im Industriegebiet höher als heute. Jetzt ist die Abflussmenge tiefer und der Bach ist in bestimmten Bereichen temporär schon ausgetrocknet. Der Süssbach steht beispielhaft für ein Kleingewässer in einer stark genutzten Region, in der unterschiedliche Interessen aufeinander treffen.

4.2.2 Bewertung basierend auf dem Standort

Auf 11 von 14 Parzellen wird auf einer Fläche von 28 ha Ackerbau betrieben (Abbildung 4). Die Fruchtfolge ist Erbsen, Bohnen, Spinat, Dinkel, Zuckerrüben und Raps. Die Parzellen 9, 12 und 13 sind öAF und daher keine PSM-Quellen.

In den Parzellen Götschel (1), Hübel (3), Eiergasse, oben (4), Eiergasse, mitte (5), Rütene (8) und Rodig (10) ist das Erosionsrisiko teilweise gross und ein PSM-Transport mit Run-off kann stattfinden. Die Parzelle Chrummacker (11) weist in der Hangfusslage einen hohen Tongehalt auf (31%), sodass dort die Infiltrationskapazität vermindert ist.

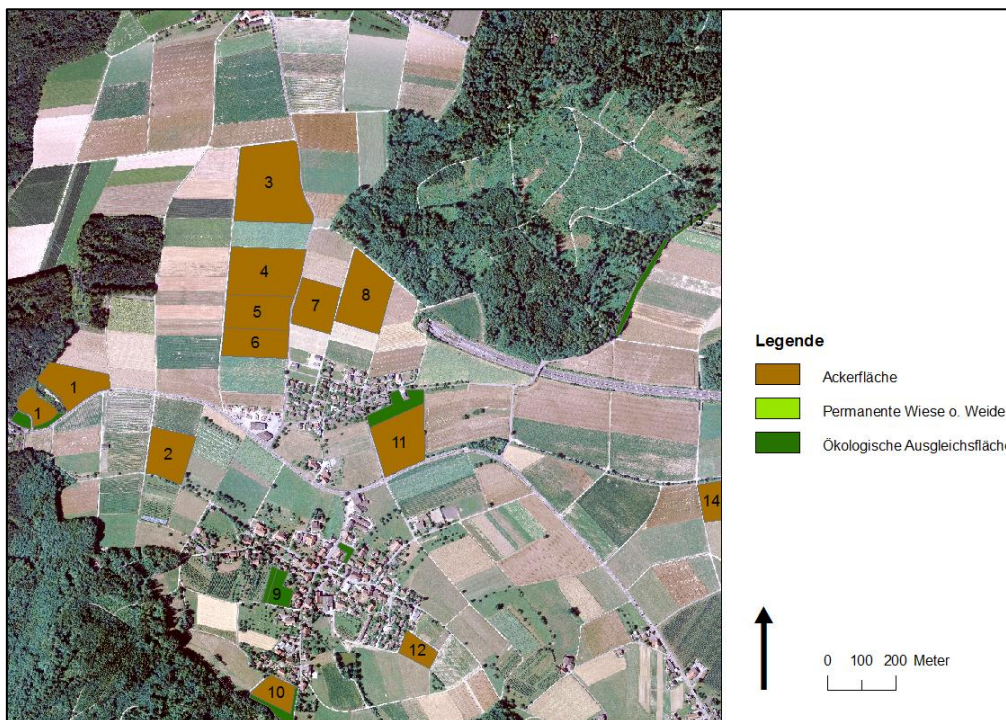


Abbildung 4: Karte „PSM-Quellen“ für den Betrieb in Scherz.

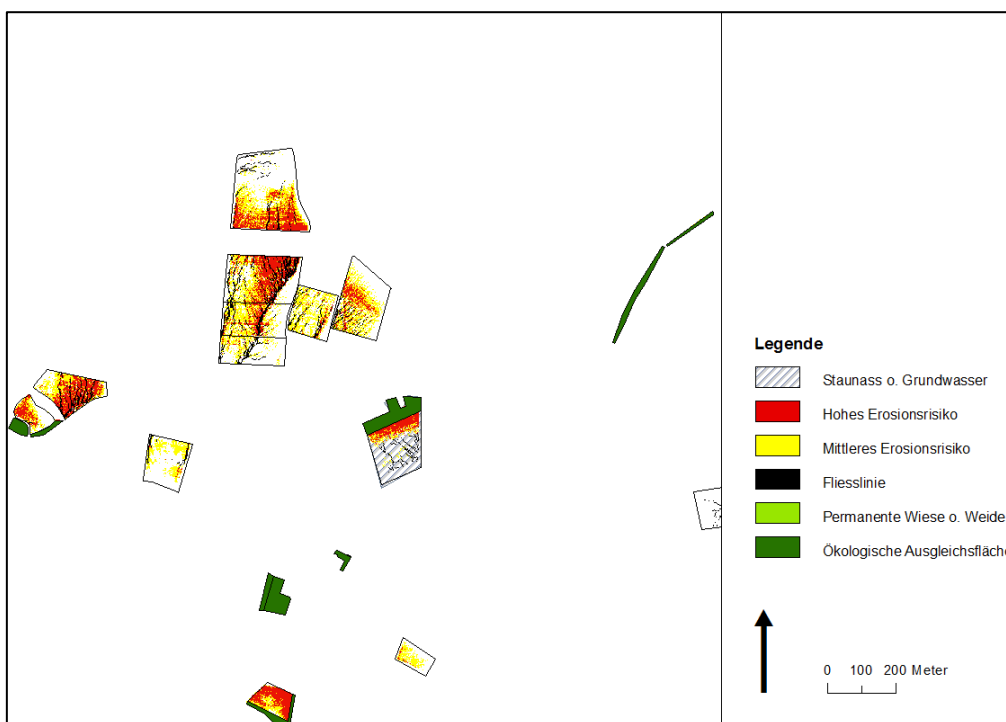


Abbildung 5: Karte „PSM-Transport“ für den Betrieb in Scherz.

Direkt an den Süssbach grenzen nur die Parzellen Chrummacker (11) und Unteri Loor (14) (Abbildung 6). Die Parzelle Chrummacker ist durch einen Fahrradstreifen und einen Pufferstreifen vom Oberflächengewässer getrennt. Die Parzelle Unteri Loor ist durch einen Pufferstreifen und 20 m Kunstwiese vom Oberflächengewässer getrennt. Die Parzellen Eiergasse (6, 7) und Rütönen (8) und ein Teil von Hübel (3) sind über Drainagen oder die Strassenentwässerung mit dem Süssbach verbunden. Die Parzellen Götschel (1) entwässern über die Strassenentwässerung direkt in die Aare.

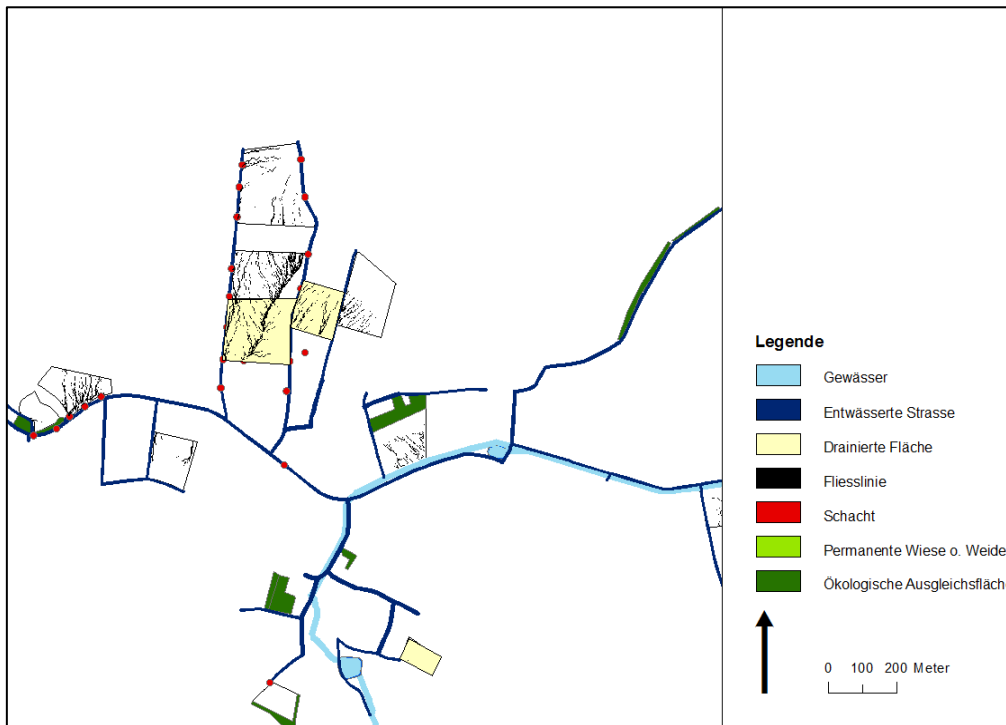


Abbildung 6: Karte „Anschluss an Oberflächengewässer“ des Betriebes in Scherz.

Das „worst-case“ Potential des PSM-Eintrags in Oberflächengewässer ist in Parzellen Götschel (1) und Eiergasse oben (4) sehr hoch, in Eiergasse mitte (5) hoch und in Eiergasse unten, rechts und Rodig (6, 7, 10) mittel. In den Parzellen Rütene (8), Chrummenacker (11) und Unteri Loor (14) ist das Potential gering und in den Parzellen Spätler (2) und Hübel (3) sehr gering (Tabelle 10).

Tabelle 10: Potential des PSM-Eintrags in Oberflächengewässer der Parzellen in Scherz. H: Hang; HF: Hangfuss; E: Ebene; sg: sehr gering; g: gering; m: mittel; h: hoch; sh: sehr hoch.

Parzelle		Lage			Art des Anschlusses an ein Oberflächengewässer (siehe Tabelle 7 und Tabelle 8)						Potential des PSM-Eintrags	
		H	HF	E	1	2	3	4	5	6	Standort - faktoren	Bewirtsch aftung
1	Götschel	x							sh		sh	sg
2	Spätler			x					sg		sg	sg
3	Hübel	x							sg		sg	sg
4	Eiergasse oben	x	x				m		sh		sh	m
5	Eiergasse mitte		x				m		h		h	m
6	Eiergasse unten			x			m		m		m	g
7	Eiergasse rechts	x					g	m			m	g
8	Rütene	x					g		g		g	sg
10	Rodig	x				m					m	g
11	Chrummacker	x	x	x						g	g	sg
14	Unteri Loor			x						g	g	sg

4.2.3 Bewertung auf Ebene Bewirtschaftung und Massnahmen

Bewirtschaftung

Das „worst-case“ Potential des PSM-Eintrags in Oberflächengewässer ist in Parzellen Götschel (1), Eirgasse oben (4), Eirgasse mitte (5), Eirgasse unten, rechts und Rodig (6, 7, 10) erhöht. Um den PSM-Eintrag realistischer abzuschätzen wurden diese Parzellen genauer untersucht.

Götschel (1): Das Potential des PSM-Eintrags in Oberflächengewässer ist in dieser Parzelle zwar sehr hoch. Aber die PSM Austräge aus dieser Parzelle gelangen direkt in die Aare. Es ist zu erwarten, dass die PSM-Konzentration in der Aare durch die Einträge aus dieser Parzelle nicht messbar beeinflusst wird (Verdünnung).

Eirgasse (4, 5): Die Schläge weisen teilweise ein hohes potentielles Erosionsrisiko und eine Tiefenlinie auf. Entlang dieser Tiefenlinie befinden sich Schächte im Feld. Die Wasserdurchlässigkeit des Bodens ist laut der kantonalen Bodenkarte leicht gehemmt. Für den Gemüseanbau wird das Saatbett sehr feinkörnig hergerichtet, was Run-off begünstigt. Durch bodenkonservierende Anbaumethoden werden die Aggregatstabilität und die Infiltrationskapazität jedoch erhöht. Eine künstlich angelegte Barriere verhindert, dass der Abfluss der Strasse ins Feld gelangt und konzentrierten Run-off auslöst. Durch den flach auslaufenden Hang verringert sich die Tendenz zum PSM-Transport zum Hangfuss hin. Die ergriffenen Massnahmen verringern das Potential des PSM-Eintrags aus den Parzellen.

Rodig (10): Das Potential des PSM-Transportes ist analog zum Erosionsrisiko erhöht. Wegen dem fehlenden Anschluss an ein Oberflächengewässer stellt dies jedoch für den grössten Teil der Parzelle kein Problem dar. Im südwestlichen Ende des Schlages befindet sich ein einzelner Schacht. Der Transport im Feld wird durch bodenkonservierende Bodenbearbeitung bereits beträchtlich reduziert.

Zusätzliche Massnahmen und Aspekte der Umsetzung

Eirgasse (4, 5): Als kritisch werden die Flächen unmittelbar oberhalb der Einlaufschächte angesehen. Eine mögliche Massnahmen ist das Versiegeln der Schächte im Feld. Der Landwirt bewertet diese Massnahme positiv. Für die Schächte der Strassenentwässerung ist eine solche Massnahme nicht denkbar.

Rodig (10): Als Massnahmen kommt ein breiter Puffer um den Schacht oder der Verzicht auf PSM-intensive Kulturen in Frage. Wegen der schattigen Lage ist die Fläche für Gemüsekulturen/Ackerbau nicht ideal und führt oft zu einem Wachstumsrückstand mehrerer Wochen. Ein Flächenverlust hat hier einen geringeren Einfluss auf den Ertrag und das Einkommen des Landwirtes.

4.3 PSM-Eintrag in Oberflächengewässer vom Pilotbetrieb in Lengnau (AG)

4.3.1 Betrieb und Oberflächengewässer

Betrieb

- Betriebsgrösse: 36 ha.
- Offene Ackerfläche: 24.7 ha (69 %).
- Permanenter Wiesen und Weiden: 3.3 ha (9 %).
- öAF mit extensiven Weiden und Hochstamm Obstbäumen: 8 ha (22 %), mit Qualität und Vernetzung. Die öAF wurden durch einen Bewirtschaftungsvertrag mit Agrofutura erstellt.
- Angebaute Kulturen: Silomais (SM), Silomais (SM) /Zuckerrüben (ZR), Winterweizen (WW)/Dinkel(D), Kunstwiese (KW, 3-4 Jahre). ZR wird auf den Parzellen Zelgli, Freienwil und Lengnau nicht angebaut. Auf den weiteren Parzellen wird ZR oft nur in jeder zweiten Fruchtfolge angebaut.

- Bodenbearbeitung: Pflug zum Umbrechen der Kunstwiese, ansonsten bodenkonservierende Bodenbearbeitung mit Grubber.
- Tierhaltung: 60 Kühe.
- Bewirtschaftung: ÖLN, IP Suisse.
- Parzellenlage: Die Parzellen verteilen sich auf die vier Standorte Lengnau, Koblenz, Döttingen, und Obersiggenthal.
- öAF-Typen: Extensive Wiesen, Hecken, Feld- und Ufergehölz (mit Krautsaum), Hochstamm Obstbäume.

Oberflächengewässer

Der Betrieb ist auf die Gemeinden Lengnau, Freienwil, Koblenz, Döttingen, und Obersiggenthal aufgeteilt. Die Betriebsfläche umfasst 36 ha (plus 5.2 ha Wald und unproduktive Fläche). Der grösste Anteil der offenen Ackerfläche liegt um den Hof in Husen; eine zweite grössere Fläche in Döttingen; in der Nähe von Koblenz befinden sich vor allem permanente Wiesen und eine kleinere Ackerfläche sowie in Hertenstein (Obersiggenthal) eine permanente Wiese.

Die Standorte gehören zu unterschiedlichen Gewässereinzugsgebieten (Abbildung 7). Die Flächen um Husen liegen im Einzugsgebiet des Rickenbachs, der in Lengnau in die Surb und diese in Döttingen in die Aare mündet. Die Anbaufläche um Döttingen erreicht über die Strassenentwässerung die Surb oder die Aare. Die Fläche bei Koblenz entwässert in das Äpelöobächlein, welches kurz vor dem Zusammenfluss von Rhein und Aare in den Rhein mündet.

Der Rickenbach und das Äpelöobächlein sind als Kleingewässer auf Gewässerbelastungen durch Pflanzenschutzmittel (PSM) aus der Landwirtschaft anfällig. Die Surb zählt zu den relativ naturnahen mittleren Fliessgewässern mit langen nicht verbauten Uferbereichen. Wegen zahlreichen künstlichen Abstürzen ist jedoch keine Längsvernetzung zum Rhein vorhanden und dadurch ist eine Besiedlung von Fischen und Krebsen aus Rhein/Aare nicht möglich. Die im Oberlauf noch sehr gute Gewässerqualität verschlechtert sich im unteren Bereich zusehends (Uhlmann und Trottmann, 2006).

4.3.2 Bewertung basierend auf dem Standort

Die 36 ha offene Ackerflächen sind auf 14 Parzellen an drei Standorten verteilt (Abbildung 7). Auf der Karte nicht eingezeichnet sind zwei extensive Wiesen bei Koblenz und eine extensive Wiese bei Hertenstein, die als öAF mit Qualität ausgewiesen sind. Speziell an der Fruchtfolge ist die lange Dauer der Kunstwiesen (3-4 Jahre). Interessant ist auch, dass auf den Parzellen Hofacker und Zelgi West, die Fruchtfolge speziell an die Standortbedingungen angepasst wurde, indem sie meist als Kunstwiese und nur zwischendurch mit Winterweizen bewirtschaftet werden.

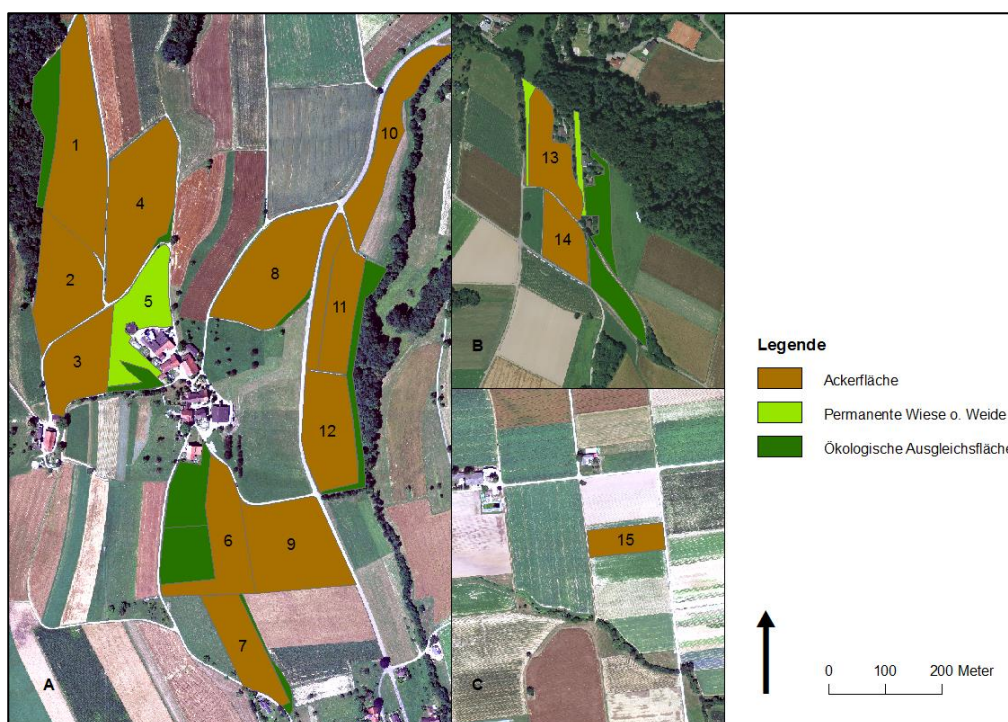


Abbildung 7: Karte „PSM-Quellen“ Lengnau. A: Husen (Lengnau), B: Koblenz, C: Döttingen.

Aufgrund der Hang und Hangfusslagen der Ackerflächen um Husen, haben diese Parzellen (1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 14) ein erhebliches Potential für PSM-Transport (Abbildung 8). In den Parzellen Langacker (8) und Zelgli (9) kommen Talwege vor, die ein Hinweis für konzentrierten Run-off sind. Der Hang der Parzelle Zelgli läuft in einer längeren Fläche aus. Dort kann abfließendes Wasser in den Boden versickern.

Die kantonale Bodenkarte weist die Parzellen Steindler (1), Mastenacker (2), Paul-Rohr (7), Langacker (8), Zelgli Ost (9), Bach Lengnau (11), Freienwil (12), sowie ein Teil der Parzelle Bach Sutter (10) als durch Grund- und Hangwasser beeinflusst aus. Es ist deshalb möglich, dass es je nach Niederschlagssituation sowohl zu gesättigtem, wie auch ungesättigtem Run-off kommt (Abbildung 8).

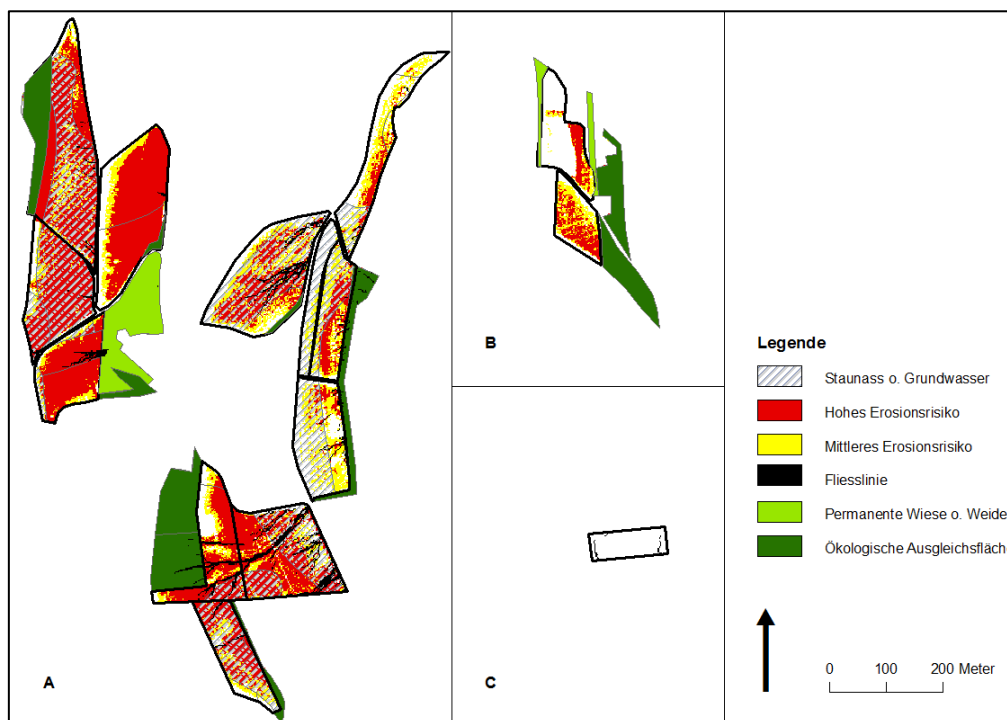


Abbildung 8: Karte „PSM-Transport“ des Betriebes in Lengnau.

Die Parzellen Bach Sutter (10), Bach Lengnau (11) und Freienwil (12) liegen in unmittelbarer Nähe zum Bach (Abbildung 9).

Die Parzelle Langacker (8) und Zelgli Ost (9) entwässern Richtung entwässerte Strassen. In der Parzelle Langacker führt eine Senke dazu, dass sich das Wasser vor der Strasse sammelt und nicht auf die Strasse fliesst. Die Senke ist gemäss Drainagekarte drainiert. Die Parzelle Zelgli Ost wird von einem eingedohnten „Bach“ durchquert.

Die Parzellen um Husen sind gemäss der kantonalen Meliorationskarte durch Drainagen entwässert. Da die meisten Parzellen drainiert sind, ist die Versickerung über die Drainagen ein wichtiger potentieller Eintragspfad in Oberflächengewässer.

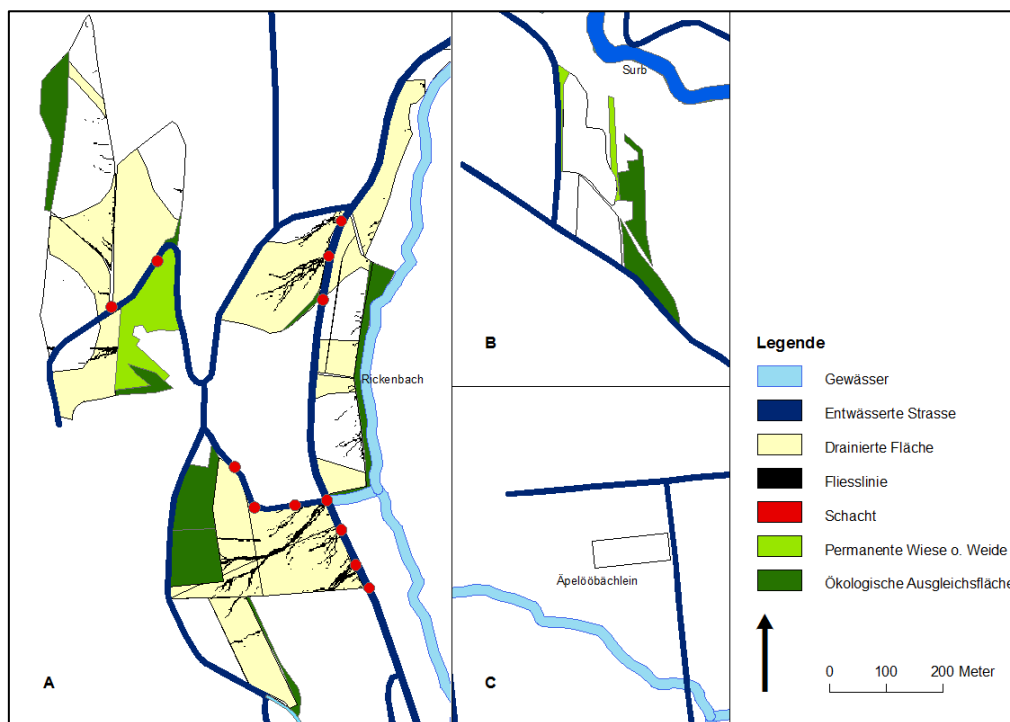


Abbildung 9: Karte „Anschluss an Oberflächengewässer“ des Betriebes in Lengnau.

Das „worst-case“ Potential des PSM-Eintrags in Oberflächengewässer ist in Parzellen Mastenacker (2), Sandacker (4), Zelgli West (6) und Zelgli Ost (9) sehr hoch, in den Parzellen Langacker (8), Bach Lengnau (11), Freienwil (12) hoch und in den Parzellen Steindler (1), Hofacker (3) und Paul-Rohr mittel.

In den Parzelle Bach Sutter (10) ist das worst-case Potential gering und in den Parzellen Riedhalde A (13), Riedhalde B (14) und Güllenacker (15) sehr gering (Tabelle 11).

Tabelle 11: Potential des PSM-Eintrags in Oberflächengewässer der Parzellen in Lengnau. H: Hang; HF: Hangfuss; E: Ebene; sg: sehr gering; g: gering; m: mittel; h: hoch; sh: sehr hoch.

Parzelle		Lage			Art des Anschlusses an ein Oberflächengewässer (siehe Tabelle 7 und Tabelle 8)						Potential des PSM-Eintrags	
		H	HF	E	1	2	3	4	5	6	Standort - faktoren	Bewirtschaftung
1	Steindler	x				m	m				m	g
2	Mastenacker	x					m		sh		sh	m
3	Hofacker	x					m			m	m	g
4	Sandacker	x			sg		m		sh		sh	sh
6	Zelgli West	x				m	m	h		sh	sh	g
7	Paul-Rohr	x					g/m				m	m
8	Langacker	x					g	m	h		h	h
9	Zelgli Ost		x				m	h	sh		sh	m
10	Bach Sutter		x			g	g				g	g
11	Bach Lengnau		x				m			h/h	h	m
12	Freienwil		x				m			h/s h	h	g
13	Riedhalde A	x			sg						sg	sg
14	Riedhalde B	x			sg						sg	sg
15	Güllenacker			x	sg						sg	sg

4.3.3 Bewertung auf Ebene Bewirtschaftung und Massnahmen

Bewirtschaftung

In den Parzellen 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12 ist der potentielle worst-case PSM-Eintrag basierend auf den Standortfaktoren erhöht. Der Grund liegt in der topographischen Situation und dem hohen Anteil an drainierten Parzellen in Husen. Um den potentiellen PSM-Eintrag realistischer abzuschätzen, wurden diese Parzellen genauer beschrieben:

Steindler (1): Die Parzelle hat ein hohes worst-case Potential für Run-off wegen Hangneigung, Hanglänge und Hangwassereinfluss. Der obere Hangabschnitt wurde in eine öAF umgewandelt. Die bodenkonservierende Bodenbearbeitung führt zu einer Verringerung des Run-off. Das realistische Potential für PSM-Transport ist deshalb tiefer als in Abbildung 8 dargestellt. Der südliche Teil der Parzelle ist drainiert und über den Sandacker mit einer entwässerten Strasse verbunden. Der grosse Teil der Parzelle ist jedoch nicht an ein Oberflächengewässer angeschlossen. Das Risiko für den grössten Teil der Parzelle ist deshalb sehr gering und nur der südliche Teil liegt im Einzugsbereich eines Gewässeranschlusses (Drainage, Schacht). Für den grössten Teil der Parzelle besteht kein Anschluss an ein Oberflächengewässer. Das realistische Potential für einen PSM-Eintrag aus der Parzelle Steindler in ein Oberflächengewässer wird deshalb als gering bewertet.

Mastenacker (2): Die Parzelle hat ein hohes worst-case Potential für Run-off wegen Hangneigung, Hanglänge und Hangwassereinfluss. Der südliche Teil der Parzelle entwässert Richtung entwässerte Strasse, mit einem Einlaufschacht am Feldende. Der Einlaufschacht ist gegenüber dem Feld mit einem Pufferstreifen geschützt. Durch die leicht geneigte Strasse wird das abfliessende Wasser nicht entlang der Strasse, sondern in die Parzelle Hofacker weitergeleitet, wo es versickern kann. Das realistische Potential für einen PSM-Eintrag aus der Parzelle Mastenacker in ein Oberflächengewässer wird deshalb als gering bis mittel bewertet.

Hofacker (3): Die Parzelle hat ein hohes worst-case Potential für Run-off wegen Hangneigung, Hanglänge und Hangwassereinfluss. Der Hofacker ist drainiert und weist oberflächlichen Run-off auf. Der Hofacker hat

ein mittleres potentiell Eintragsrisiko. Wegen der angepassten Fruchtfolge beschränken sich aber mögliche Einträge stark. Das realistische Potential für einen PSM-Eintrag aus der Parzelle Hofacker in ein Oberflächengewässer wird als gering bewertet. Wahrscheinlich treten PSM-Einträge nur während dem Anbau von Winterweizen auf.

Sandacker (4): Die Parzelle hat ein hohes worst-case Potential für Run-off wegen Hangneigung und Hanglänge. Das nordöstliche Drittel der Parzelle ist nicht drainiert. Die Mitte und das südliche Drittel sind drainiert und über einen Strassenschacht ans Oberflächengewässer angeschlossen. Durch den markant abfallenden Feldabschluss mit dem Talweg direkt in den Einlaufschacht, ist hier mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit ein PSM-Eintrag zu erwarten.

Zelgli West (6): Die Parzelle hat ein sehr hohes worst-case Potential für Run-off wegen Hangneigung und Hanglänge. Der nördliche Teil der Parzelle entwässert Richtung entwässerte Strasse. Die Parzelle ist drainiert und gleich unterhalb der Parzelle befindet sich eine drainierte Senke. Die obenliegende öAF vermindert die Hanglänge und die Fruchtfolge ist an den Standort angepasst, d.h. es wird meist Kunstwiese und selten Getreide angebaut. Im nördlichen Teil der Parzelle kann im Fall von Getreideanbau ein PSM-Eintrag in Oberflächengewässer entstehen. Wegen der fast ausschliesslichen Nutzung als Kunstwiese wird das realistische Potential für einen PSM-Eintrag aus der Parzelle in ein Oberflächengewässer aber als gering bewertet.

Langacker (8): Der Langacker ist ein langer, mässig geneigter Hang, der flach ausläuft. Die Bodenkarte zeigt Einfluss von Hangwasser an. Anhand der Fliesslinien ist zu erkennen, dass sich das Wasser an zwei Punkten sammelt. An beiden Stellen befinden sich an der Strasse Einlaufschächte. Eine leichte Senke vor der Strasse fängt den Run-off jedoch auf. Der Grossteil der Parzelle ist über Drainagen ans Oberflächengewässer angeschlossen und auch die Senke ist drainiert. Das realistische Potential für einen PSM-Eintrag aus der Parzelle Hofacker in ein Oberflächengewässer wird als hoch bewertet, einerseits über Versickerung in die Drainage in der Senke und andererseits bei stärkeren Niederschlägen auch über die Strasseneinlaufschächte.

Zelgli Ost (9): Die Parzelle hat ein sehr hohes worst-case Potential für Run-off wegen Hangneigung und Hanglänge. Da auf Zelgli West häufig Kunstwiese angepflanzt ist, ist der Run-off Eintrag in die Parzelle Zelgli Ost in der Regel gering. Die ganze Fläche ist drainiert mit einer Senke im oberen Teil. Im Norden und Osten ist die Parzelle durch entwässerte Strassen begrenzt. Wegen dem flach auslaufendem Hang sind wahrscheinlich die Versickerung in die Drainage und in den eingedohnten Bach die bedeutendsten Eintragspfade. Das realistische Potential für einen PSM-Eintrag aus der Parzelle in ein Oberflächengewässer wird als mittel bewertet.

Paul-Rohr (7): Die Parzelle hat ein mittleres worst-case Potential für einen PSM-Eintrag in Oberflächengewässer. Durch die öAF als Puffer wird die Hanglänge unterbrochen und allfälliger Run-off aufgefangen. Die ganze Parzelle ist drainiert. Das realistische Potential für einen PSM-Eintrag aus der Parzelle in ein Oberflächengewässer wird als mittel bewertet.

Bach Lengnau (11): Die Parzelle hat ein mittleres worst-case Potential für einen PSM-Eintrag in Oberflächengewässer. Der nördliche/südliche Teil der Parzelle ist drainiert. Es besteht ein abfallender Feldabschluss Richtung Bach. Der Anschluss an das Oberflächengewässer ist durch einen breiten Puffer unterbrochen. Das realistische Potential für einen PSM-Eintrag aus der Parzelle in ein Oberflächengewässer wird als mittel bewertet.

Freienwil (12): Die Parzelle hat ein mittleres worst-case Potential für einen PSM-Eintrag in Oberflächengewässer. Der nördliche/südliche Teil der Parzelle ist drainiert. Das realistische Potential für einen PSM-Eintrag aus der Parzelle in ein Oberflächengewässer wird als gering bewertet.

Fazit / Überblick

Die Parzellen entlang des Rickenbachs sind durch eine breite öAF als Puffer abgeschlossen. Der Rickenbach ist durch einen breiten Pufferstreifen (öAF) vom Bach getrennt. Die öAF beim Sandacker (4) trägt nicht zur Unterbrechung des Anschlusses zum Oberflächengewässer bei.

Die entwässerte Strasse entlang des Sandackers (4) und Mastenackers (2) wurde erneuert. Dabei wurde die Strasse ausnivelliert und mit einer leichten Querneigung versehen. Dadurch kann Run-off entlang der Strasse verhindert werden und das Wasser fliesst in die darunterliegenden Wiesen von Hofacker (3) und Hofwiese (5) ab.

Durch die bodenkonservierende Bewirtschaftung mit langen Kunstwiesenperioden, stark reduziertem Pflugeinsatz (nur zum Umbrechen der Kunstwiesen, sonst Grubber max. 10 cm tief), dem Einarbeiten von Ernterückständen und einem relativ groben Saatbett wird die Infiltrationskapazität erhöht und das Potential eines PSM-Transports verringert. Die angepasste Fruchtfolge auf den besonders kritischen Flächen (Zelgli West und Hofacker) und öAF im Feld an Steillagen (Steindler) und als Run-off Auffangpuffer im Feld (Paul-Rohr) tragen dazu bei, das potentielle PSM-Transport weiter zu reduzieren.

Durch eine an den Standort angepasste Bewirtschaftung und Bodenbearbeitung konnte der Run-off reduziert werden (reduzierter Pflugeinsatz, Bodenbearbeitung mit Grubber, Einarbeitung der Pflanzenrückstände, lange Dauer der Kunstwiesen und angepasster Fruchtfolge). Die heterogene Struktur der Betriebsfläche führt dazu, dass die verschiedenen Eintragspfade meist nur einen Teil der Parzellen betreffen. In den Parzellen Sandacker, Zelgli West und Langacker wurden beitragende Flächen identifiziert, die besonders kritisch sind.

Zusätzliche Massnahmen und Aspekte der Umsetzung

Sandacker (4): Für das südliche Drittel besteht ein sehr hohes potentielles, wie auch aktuelles Eintragsrisiko, welches mit einem Puffer reduziert werden kann. Durch eine Vergrösserung der bestehenden öAF oder der Nutzung als Wiese könnte ein ca. 10 m langer Puffer (im Talweg) errichtet werden. Der Betriebsleiter steht dieser Massnahme positiv gegenüber und sieht keine wesentliche Produktionseinbusse oder Behinderung der Bewirtschaftung. Für den drainierten Teil der Parzelle bleibt ein mittleres Eintragsrisiko über die Drainagen. Der nicht drainierte Teil weist ein sehr geringes Eintragsrisiko auf.

Langacker (8): Mögliche Massnahmen: Entlang der entwässerten Strasse in Abflussrichtung oder zumindest um die Einlaufschächte könnte ein bis zu 3 m breiter Puffer angelegt werden. Die Effektivität der Massnahme ist jedoch unsicher, weil der Einlaufschacht am Ende einer Senke liegt, die durch Grundwasser beeinflusst, den Puffereffekt vermindern könnte.

Zelgli West (6): Mögliche Massnahmen: Entlang der entwässerten Strasse in Abflussrichtung oder zumindest um die Einlaufschächte könnte ein bis zu 3 m breiter Puffer angelegt werden. Dies betrifft einen relativ kleinen Teil der Parzelle.

Zelgli Ost (9): Mögliche Massnahmen: Entlang der entwässerten Strasse in Abflussrichtung oder zumindest um die Einlaufschächte könnte ein bis zu 3 m breiter Puffer angelegt werden.

Die Fruchtfolge könnte laut Betriebsleiter dahingehend angepasst werden, dass Zuckerrüben weggelassen werden, wegen den negativen Begleiterscheinungen für den Boden und dem relativ hohen PSM Einsatz. Den PSM-Eintrag über die Drainagen zu reduzieren, ist eine grosse Herausforderung. Die Dimensionierung und der Einfluss des Grund-/Hangwassers ist schwierig abzuschätzen, weshalb für diesen Eintragsweg keine konkreten Massnahmen vorgeschlagen werden können.

5 Diskussion

5.1 Methodik

Die hier erarbeitete Methodik sollte grundsätzlich für die ganze Schweiz verwendet werden können, und es erlauben, vergleichend zwischen Parzellen den PSM-Eintrag in Oberflächengewässer qualitativ zu beschreiben. Die Informationsgrundlagen sind aber je nach Kanton oder Region unterschiedlich. Das Fehlen von grossmassstäblichen Bodenkarten und Drainageplänen für viele Betriebe erschwert die Bewertungen. Für die Beurteilungen der Parzellen müssen z.T. sehr unterschiedliche Datengrundlagen berücksichtigt werden. Das führt dazu, dass der Aufwand der Datenbeschaffung und das Vorgehen für eine Interpretation je nach Region unterschiedlich sind.

5.1.1 Datengrundlage zur Abschätzung des potentiellen PSM-Eintrages in Oberflächengewässer

Eine „worst-case“ Bewertung der Parzellen erfordert Informationen darüber, ob eine Parzelle (oder ein Teil davon) eine PSM-Quelle ist, wie der Transport von PSM innerhalb der Parzelle erfolgt und ob ein Anschluss an ein Oberflächengewässer besteht. Diese Informationen wurden aus verschiedenen Quellen wie Feldkalendern, GIS-Karten, kommunalen Drainageplänen etc. zusammengestellt. Der Transport innerhalb der Parzelle umfasste den oberflächlichen Run-off und die Versickerung. Der Anschluss an ein Oberflächengewässer wurde bezüglich dem Vorhandensein von „schnellen Verbindungswegen“ wie zum Beispiel Drainagen, Schächten, Strassen beurteilt. Quantitative Abschätzungen des PSM-Eintrags in Oberflächengewässer sind mit der Methodik nicht vorgesehen. Dementsprechend kann die Methodik auch nicht im Feld mit Messungen/Monitoring überprüft werden.

Für eine realistische Bewertung der Parzellen ist ein Interview mit dem Betriebsleiter und eine Feldbegehung unumgänglich. Die vorhandenen Karten bilden zum Teil nicht alle Elemente genügend gut ab. Die Lage und der Zustand der Schächte und Drainagen wurden immer erfasst. Eigene Beobachtungen und auch jene des Betriebsleiters bezüglich Orten in den Parzellen mit temporärer Wasseransammlung und Erosionsspuren flossen in die Bewertungen ein. Besonders wichtig ist die Art der Bewirtschaftung der Parzellen: oft kennt der Betriebsleiter schon die „Schwächen“ der Parzellen und hat seine Bewirtschaftung angepasst. Erst mit der Berücksichtigung der aktuellen Bewirtschaftung kann ein realistisches Potential abgeleitet werden.

5.1.2 Massnahmen, welche den PSM-Eintrag in Oberflächengewässer reduzieren

Für die Entwicklung von Ideen bezüglich möglicher Massnahmen und der Abschätzung, ob solche Massnahmen in den Betriebsablauf passen und ökonomisch vertretbar sind, ist das Gespräch mit dem Betriebsleiter unentbehrlich.

Grundsätzlich gibt es drei verschiedene Orte für Pufferstreifen: am Gewässerrand, am Feldrand oder im Feld. Damit Run-off gestoppt oder verhindert werden kann, muss dies möglichst nah am „Entstehungsort“ geschehen. Puffer im Feld welche die „Hanglänge“ verringern resp. entlang von Talwegen konzentrierten Run-off unterbrechen, sind effektiver als Puffer am Feldrand oder am Gewässerrand.

An der richtigen Stelle angewendet helfen verschiedene Massnahmen den Run-off zu vermindern. Die Massnahmen sollen wenn möglich auf unproduktiven oder schwer zu bewirtschaftenden Flächen liegen, damit das Einkommen der Landwirte nicht beeinträchtigt wird. So können allenfalls die Biodiversität durch die Schaffung von geeigneten Lebensräumen und die Gewässerqualität gleichzeitig verbessert werden. Eine relativ aufwendige weitere Möglichkeit ist die Schaffung von Rückhaltebecken.

Die Akzeptanz der Massnahmen bei den Landwirten hängt von der fachlichen Richtigkeit und dem Vertrauen in die beratenden Institutionen ab. Es ist bekannt, dass die Wirksamkeit der Massnahmen wohl vorhanden, aber z.T. sehr variabel ist. Für eine fachlich gute Abstützung der Massnahmen müssten diese deshalb noch besser untersucht werden. Es muss bekannt sein unter welchen Rahmenbedingungen eine Massnahme welche Wirksamkeit erreicht. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die gesamtbetriebliche Betrachtung: damit Massnahmen zur Reduktion des PSM-Eintrags in Oberflächengewässer für den Betriebsleiter akzeptabel

sind müssen sie immer im Kontext der Bewirtschaftung der Parzellen und der ökonomischen Machbarkeit betrachtet und vorgeschlagen werden.

5.2 Analyse der Pilotbetriebe

Eine erste Evaluation und Verbesserung der Methodik erfolgte in einer Vorstudie in Tänikon (Anhang 3). Der Versuchsbetrieb der Agroscope ART Tänikon diskutiert zurzeit seine zukünftige Ausrichtung und eine Anwendung der Methodik auf den Versuchsbetrieb Tänikon war willkommen. Das Finden weiterer Pilotbetriebe war aufwendig und nur möglich durch eine gute Vernetzung sowie dem „good-will“ der beteiligten Betriebsleiter. Die Auswahl der Betriebe ist dementsprechend nicht zufällig. Die ausgewählten Betriebe und Betriebsleiter sind wahrscheinlich überdurchschnittlich gut dokumentiert.

Es zeigte sich, dass das gewählte Vorgehen, nämlich die Abfolge von

- a) Darstellung der „worst-case“ PSM Einträge aus den Parzellen in Oberflächengewässer mit GIS-Karten,
- b) Interview des Betriebsleiters
- c) Feldbegehung
- d) Komplettierung der GIS-Karten und Interpretation der gewonnenen Information,

richtig und notwendig ist, um zuverlässige Aussagen über die Situation und Verbesserungsmöglichkeiten auf einem Betrieb zu erfassen. Interview und Feldbegehung bedeuteten zwar einen Mehraufwand. Dieser war aber gerechtfertigt, weil nur so Standortfaktoren und Bewirtschaftung der Parzellen ausreichend zuverlässig erfasst werden konnten.

Sehr interessant und wichtig ist die Beobachtung, dass in allen 3 Pilotbetrieben das Potential eines PSM-Eintrages bereits durch die vom Betriebsleiter gewählte Bewirtschaftung reduziert wurde. Ohne Berücksichtigung der Bewirtschaftung wurden in den 3 Pilotbetrieben 3 von 8, 6 von 11 resp. 10 von 14 Parzellen mit einem mittleren bis sehr hohen Potential des PSM-Eintrags in Oberflächengewässer bewertet. Wenn aber die aktuelle Bewirtschaftung berücksichtigt wurde, reduzierte sich der Anteil auf 1 von 8, 2 von 11 resp. 6 von 14.

Mögliche Massnahmen, welche mit den Betriebsleitern diskutiert wurden, umfassten beispielsweise das Anlegen von Pufferstreifen im Feld in Talwegen, welche zu Schächten führen, das Schliessen von Schächten und die Änderung der Fruchtfolge. Es zeigte sich weiterhin, dass aus Sicht des Betriebsleiters nicht alle denkbaren Massnahmen möglich sind. Beispielsweise kann es sein, dass das Ansäen von Pufferstreifen auf sehr produktivem Land ökonomisch nicht sinnvoll ist, oder eine Massnahme ausserhalb der Parzelle nicht umsetzbar ist, weil sie auf dem Land des Nachbarn oder auf einer Strasse zu erfolgen hätte.

5.3 Ausblick

Win⁴ steht für die Hypothese, dass es multiple Synergien gibt bei der gleichzeitigen Optimierung von Biodiversität, Stoffflüssen, Ökonomie und Sozialem. Im Rahmen von Win⁴ entwickelte Konzepte, Methoden und Werkzeuge sollen die landwirtschaftlichen Betriebe in ihrer flexiblen Reaktion auf ändernde Rahmenbedingungen der pflanzenbaulichen Produktion unterstützen. In einer ersten Etappe wurde die Optimierung von PSM-Stoffflüssen untersucht. Dabei galt es „hot spots“ des PSM-Eintrags in Parzellen zu lokalisieren, Massnahmen zur Verringerung des Eintrags vorzuschlagen und die Machbarkeit des gewählten Vorgehens zu zeigen. Diese drei Vorgaben sind mit der vorliegenden Arbeit erreicht worden. Nun folgt der Schritt in die Umsetzung auf weiteren Pilotbetrieben, um das Potential für eine gesamtbetriebliche ökologische und ökonomische Optimierung zu erfassen und die entwickelte Methodik und Massnahmen umzusetzen. Die Methodik kann auch auf Landschaftsebene eingesetzt werden, um die problematischen Parzellen zu identifizieren und Massnahmen zur Reduktion der PSM-Einträge in Oberflächengewässer auszuarbeiten. Win⁴ wird von Agrofutura, Agridea und der Ö+L weitergeführt.

6 Danksagung

Wir bedanken uns beim BAFU und insbesondere bei Hansueli Gujer für die Finanzierung und die vielen interessanten Diskussionen und Anregungen.

Weiterer Dank gebührt Irene Hanke, Thomas Poiger und Eva Kohlschmid für das Gegenlesen.

Ein ganz spezieller Dank geht an die Landwirte, welche sich an diesem Projekt beteiligt haben. Sie haben sich Zeit genommen für die Interviews und Feldbegehungen, und uns sehr offen über ihren Betrieb informiert. Ohne ihre Mithilfe wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen. Wir waren sehr beeindruckt von ihrem tiefen Wissen, ihrer Erfahrung und den von ihnen ergriffenen Massnahmen, die darauf ausgerichtet waren, eine standortgerechte und nachhaltige Landwirtschaft praktisch zu verwirklichen.

7 Literatur

- Agridea (2011). Pufferstreifen - richtig messen und bewirtschaften; <http://www.agridea-lindau.ch/index.php?id=187&L=0>.
- Alder, S., Herweg, K., Liniger, H., Prasuhn, V. (2013). Technisch-wissenschaftlicher Bericht zur Gewässeranschlusskarte der Erosionsrisikokarte der Schweiz (ERK2) im 2x2-Meter-Raster. CDE Universität Bern und ART Zürich-Reckenholz.
- Aurousseau, P., Gascuel-Oudou, C., Squidant, H. (1998). Eléments pour une méthode d'évaluation d'un risque parcellaire de contamination des eaux superficielles par les pesticides. *Etude et gestion des sols* 5: 143-156.
- BAFU und BLW (2013). Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1312: 58 S.
- BAFU (2007). Gesunde Fische in unseren Fließgewässern: 10-Punkte-Plan. <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00926/index.html?lang=de&lang=de>.
- BAFU (2013): Kantonale Geoportale: <http://www.bafu.admin.ch/gis/02915/07200/index.html?lang=de>
- BASF (2012). Praktischer Ratgeber Gewässerschutz in der Landwirtschaft; http://www.agro.basf.com/agr/APIInternet/en/function/conversions:/publish/APIInternetProjects/APGlobal/upload/news_rom/BASF_Praktischer_Ratgeber_Gewaesserschutz_in_der_Landwirtschaft_DE.pdf.
- Béguin, J., Smola, S. (2010). Stand der Drainagen in der Schweiz - Bilanz der Umfrage 2008, Bundesamt für Landwirtschaft BLW.
- ChemRRV (2005). Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen (Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV). Stand am 1. 6. 2013. <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20021520/index.html>.
- de Snoo, G. R., Herzon, I., Staats, H., Burton, R. J. F., Schindler, S., van Dijk, J., Lokhorst, A. M., Bullock, J. M., Lobly, M., Wrška, T., Schwarz, G., Musters, C. J. M. (2012). Toward effective nature conservation on farmland: making farmers matter. *Conservation Letters*. doi: 10.1111/j.1755-263X.2012.00296.x.
- Daniel, O., Aldrich, A., Gandolfi, M. (2007a). Ökotoxikologische Risikoanalysen von Pflanzenschutzmitteln. *Agrarforschung*. 14: 266-271.
- Daniel, O., Aldrich, A., Baumann, H., Büchi, R., Gandolfi, M. (2007b). Ökotoxikologisches Risikomanagement von Pflanzenschutzmitteln. *Agrarforschung*. 14: 272-276.
- Doppler, T., Camenzuli, L., Hirzel, G., Krauss, M., Lück, A., Stamm, C. (2012). Spatial variability of herbicide mobilisation and transport at catchment scale: insights from a field experiment. *Hydrology and Earth System Sciences* 16: 1947-1967.
- DZV (1998). Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft (DZV); Stand 1. 1. 2013. www.admin.ch/ch/d/sr/9/910.13.de.pdf.
- ECPA (2013a): Best management practices to reduce water pollution with plant protection products from run-off and erosion: http://www.ecpa.eu/files/attachments/RZ_Ansicht_PFADE_RUN%20OFF.pdf.
- ECPA (2013b): Best management practices to reduce water pollution with plant protection products from run-off and erosion: Kurs: http://www.topps-life.org/sites/default/files/2_Run-off_measures_course.pdf.
- Frei, E. (1980). Bodeneignungskarte der Schweiz 1: 200 '000. Bundesamt für Raumplanung, Bern.
- Frey, M., Konz, N., Stamm, C., Prasuhn, C. (2011). Machbarkeitsstudie Kartierung beitragender Flächen. Dübendorf, Zürich, Eawag, ART Reckenholz-Tänikon. 99 S.
- Gisler, S., Liniger, H., Prasuhn, V. (2011). "Erosionsrisikokarte im 2x2-Meter-Raster (ERK2)". *Agrarforschung Schweiz* 2: 148-155.
- GSchV (1998). Gewässerschutzverordnung (GSchV). <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19983281/index.html#app2> (abgerufen am 21.10.2013).
- Hanke, I., Balmer, M., Aldrich, A., Poiger, T. (in Vorbereitung). Risikomindernde Massnahmen Pflanzenschutz: Runoff.
- Knauer, K., Félix, O. (2012). Pflanzenschutzmittel und Oberflächengewässer: praxisnahe Schutzmassnahmen, *Agrarforschung Schweiz* 3: 532-537.
- Laubier, F. (2001). La méthode de diagnostic parcellaire du risque de contamination des eaux superficielles par les produits phytosanitaires en Bretagne: fondements et mise en œuvre. Ingénieries-EAT, n spécial Phytosanitaires: transferts, diagnostic et solutions correctives. Draf Srpv Bretagne Rennes: 91-98.

- Leu, C., Schneider, M. K., Stamm, C. (2010). Estimating catchment vulnerability to diffuse herbicide losses from hydrograph statistics. *Journal of Environmental Quality* 39: 1441-1450.
- Leu, C., Singer, H., Stamm, C., Müller, S. R., Schwarzenbach, R. P. (2004). Variability of herbicide losses from 13 fields to surface water within a small catchment after a controlled herbicide application. *Environmental Science & Technology* 38: 3835-3841.
- Munz, N., Leu, C., Wittmer, I (2012). Pestizidmessungen in Fliessgewässern. *Aqua & Gas* 11: 32-41.
- Noll, D., Dakhel, N., Burgos, S. (2010). Appréciation des risques de transfert de pesticides par écoulement de surface. *Recherche agronomique suisse* 1: 110-117.
- Ochsenbein, U. (2007). Kritische Belastungen bei Regenwetter. *GBL/GSA-Infobulletin/2007*: 9-15.
- Ochsenbein, U., Berset, J.-D., Scheiwiller, E., Guthruf, K. (2012). Mikroverunreinigungen in Aaretalgewässern - Ein Risiko? *Aqua & Gas* 11: 68-79.
- Oekotoxzentrum, 2013. Vorschläge für akute und chronische Qualitätskriterien für ausgewählte schweizrelevante Substanzen. Stand 15.12.2013.
<http://www.oekotoxzentrum.ch/expertenservice/qualitaetskriterien/vorschlaege/index>.
- Prasuhn, V. (2011). Soil erosion in the Swiss midlands: Results of a 10-year field survey. *Geomorphology* 126: 32-41.
- Prasuhn, V., Konz, N., Stamm, C., Frey, M. (2011). Machbarkeitsstudie Kartierung beitragender Flächen-Problem fehlender Bodendaten. *Bulletin BGS* 32: 71-74.
- PSMV (2010). Verordnung über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (Pflanzenschutzmittelverordnung, PSMV). <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20100203/index.html> (abgerufen am 15.11.2013).
- Reichenberger, S., Bach, M., Skitschak, A., Frede, H. G. (2007). Mitigation strategies to reduce pesticide inputs into ground- and surface water and their effectiveness; A review. *Science of the Total Environment* 384: 1-35.
- Stamm, C., Doppler, T. Prasuhn, V., Singer, H. (2012a). Standortgerechte Landwirtschaft bezüglich der Auswirkung von landwirtschaftlichen Hilfsstoffen auf Oberflächengewässer. Studie im Auftrag des BAFU, 12 S.
- Stamm, C., Siber, R., Singer, H., Ochsenbein, U., Berset, J.-D., Scheiwiller, E. Muff, D. (2012b). Ereignisbezogenes Pestizidmonitoring. *Aqua & Gas* 4: 24-32.
- Stehle, S., Elsaesser, D., Gregoire, C., Imfeld, G., Niehaus, E., Passeport, E., Payraudeau, S., Schäfer, R. B., Tournebize, J, Schulz, R. (2011). Pesticide risk mitigation by vegetated treatment systems: a meta-analysis. *Journal of Environmental Quality* 40: 1068-1080.
- Stoate, C. (2012). Building a common understanding of natural resource management and use within a catchment community-the Eye Brook, England. *Int. J. of Sustainable Water and Environmental Systems* 4: 35-41.
- Strickhof. (2013). Pflanzenschutzmittel im Feldbau.
<http://www.strickhof.ch/fachwissen/pflanzenschutz/pflanzenschutzmittel/broschuere-mittelheft/>.
- Swisstopo (2013). Geoportal des Bundes. <http://www.geo.admin.ch/internet/geoportal/de/home/vis.html>.
- Uhlmann, V., N. Trottmann, N. (2006). Fische, Krebse und Muscheln im Einzugsgebiet der Surb. *Umwelt Aargau* 32: 15-18.

Anhang 1: Interview mit dem Betriebsleiter

Material

- Entwurf zu den Karten PSM-Quelle, PSM-Transport im Feld und Konnektivität.

Korrektur der Kartenentwürfe

- Die Karten werden nach Rücksprache mit dem Betriebsleiter korrigiert und ergänzt.
- Parzellengrösse, -lage, und -einteilung (offene Ackerfläche, permanente Wiesen und Weiden, öAF), entwässerte Strassen, Lage der Drainagen, Lage von Schächten.

Bewirtschaftung

- Fruchtfolge.
- Standortgerechte Fruchtfolge in Bezug auf den PSM Einsatz.
- Art der Bodenbearbeitung.
- Massnahmen zur Bodenstrukturverbesserung (Mulchen, Direktsaat).
- Driftreduzierende Technik.
- Geplante Veränderungen in Bezug auf Hochwasserschutzprojekte, Ausdolungen von Bächen, Renaturierungen.
- Geplante Veränderungen in der Bewirtschaftungsform (Betriebsvergrösserung, Aufgabe).

PSM-Quellen

- Bio, IP-Suisse, Extensoanbau, ÖLN.

PSM-Transport im Feld

- Bodenkarten oder Bodenanalysen (ÖLN) zur Betriebsfläche.
- Bodentextur (Anteile von Sand, Ton, Schluff und Humus).
- Stabilität der Bodenaggregate.
- Saatbett. Grösse der Bodenkrümel (Fünflibertest auf 40 cm x 60 cm; mind. 20 Stk kleiner als Faust und grösser als Fünfliber).
- Vom Betriebsleiter als kritisch beurteilte Parzellen.
- Massnahmen, die schon getroffen wurden, um die Infiltration von Wassern zu erhöhen.
- Situation nach extremen Niederschlägen.
- Verschlammungen auf dem Feld. Sichtbare Erosion. Vernässungszeichen. Temporäre Teiche.
- Oberflächengewässer.
- Drainagekarten vom Betrieb. Mündungen der Drainagen ins Oberflächengewässer.
- Entwässerte Strassen in Abflussrichtung.
- Pufferstreifen (> 0.5 m).

Ökologische Ausgleichsflächen (öAF)

- Betriebsgrösse.
- Prozentualer Anteil an offener Ackerfläche, permanente Wiesen und Weiden, öAF, öAF mit Qualität und/oder Vernetzung, Ökoausgleichstypen.

Prüfungswerte Massnahmen

- Massnahmen, welche vom Betriebsleiter als prüfungswert angesehen werden.

Anhang 2: Checkliste Feldbegehung

Material

- Drei Grundlagenkarten und Bewertung worst-case Potential für PSM-Einträge in Oberflächengewässer.
- Informationen aus dem Interview mit dem Betriebsleiter.
- Massnahmenkatalog.

Prinzip

Parzellen mit mittlerem bis sehr hohem potentiellen PSM-Eintrag in Oberflächengewässer werden besichtigt.

Boden

- Bodentyp, Textur, Krümelung (Aggregate), Humusgehalt.
- Grund- Hangwassereinfluss.
- Erosionsspuren, Verschlammung.
- Verdichtung.

Bewirtschaftung

- Art der Bodenbearbeitung (Pflug, pfluglos, Bodenbedeckung).
- Saatbettbereitung.
- Bearbeitungsrichtung (Kontur, Streifen).
- Fahrspuren.
- Strukturelemente.
- Umgesetzte und mögliche Massnahmen.

Quelle

- Ist die Fruchtfolge und Sortenauswahl an den Standort angepasst? Welche Fruchtfolge würde den PSM-Eintrag reduzieren? Welche Optionen gibt es für eine Reduktion?

Oberflächenabfluss

- Lage und Form der Parzelle: Talwege vorhanden, starkes Gefälle, Druck von Hangwasser.
- Stellen, welche zu gesättigtem oder zu ungesättigtem Run-off neigen.
- Infiltrationskapazität, Verschlammung, Stabilität der Krümel (Bodenaggregate).
- Fliesslinien: geeignete Hindernisse? Pufferstreifen quer zu Fliesslinien?
- Hang- und Grundwassereinfluss, staunasse Böden: Wie oft bilden sich temporäre Teiche? Wie kann das Gebiet entlastet oder drainiert werden?

Anschluss zu Gewässern

- Fliesslinienkarte: Schnittstellen vom Oberflächenabfluss mit Oberflächengewässer oder Strasse.
- Neigung des Parzellenrands; Zufahrtsweg zu der Parzelle.
- Drainagenkarte: Schächte? Wohin fliessen die Drainagen?
- Senken und staunasse Böden im drainierten Gebiet.
- Drift (direkt, entwässerte Strasse).
- Art des Gewässers. Grösse des Einzugsgebietes des Gewässers.
- Umgesetzte und mögliche Massnahmen (Strukturelemente, Barrieren, Rückhaltebecken, ...).

Anhang 3: Vorstudie auf dem Versuchsbetrieb Tänikon (TG)

Dezember 2012

Ziel und Rahmenbedingungen

Im Rahmen des Projektes Win⁴ wird eine Reduktion des Pflanzenschutzmitteleintrags in Oberflächengewässern und die Förderung der terrestrischen Biodiversität durch eine geeignete Platzierung von öAF gefordert, wobei der Erlös des landwirtschaftlichen Betriebes erhalten bleiben soll. In dieser Vorstudie sollten Konzepte, welche basierend auf der bekannten Literatur und Diskussionen verschiedenen Fachexperten entwickelt worden sind, ausgetestet werden. Es ging um den möglichen Beitrag einzelner Parzellen zu einem PSM-Eintrag in Oberflächengewässer und den Vorschlag von risikomindernden Massnahmen. Die auf dem VB Tänikon erarbeiteten Resultate dienen vor allem dazu ein fachlich sinnvolles und praxistaugliches Vorgehen abzuleiten.

Landwirtschaftliche Nutzfläche und Ökologische Ausgleichsflächen

Der Versuchsbetrieb Tänikon weist eine Nutzfläche von 83.5 ha auf. Davon sind 25 ha (30 %) Wiesen und Weiden, 52.5 ha (63 %) Ackerkulturen und 6 ha (7 %) Ökologische Ausgleichsflächen. Neben den angebauten Kulturen (Tab. 1) werden verschiedene Versuche durchgeführt. ÖAF liegen meist entlang der Bäche und Waldränder als Streifen vor, ausser auf der Parzelle Waldegg, auf der eine grössere quadratische Fläche als öAF ausgeschieden wurde.

Tabelle 1: Fruchtfolgepläne mit Kulturen für mittelschwere und schwere Böden

Mittelschwere Böden (4-jährig)	Schwere Böden (5-jährig)
Winterweizen	Mais
Zuckerrüben	Winterweizen
Winterweizen	Raps
Kartoffeln, Mais, Eiweiss Erbsen	Kunstwiese
	Kunstwiese

Auf dem VB Tänikon werden Rinder, Schafe und Scheine gehalten. Zudem hat es 21 ha Wald.

Niederschlag

Der Niederschlag ist die treibende Kraft für die Entstehung von PSM Run-off und somit für den PSM-Eintrag in die Oberflächengewässer. Das Konzept der Erfassung der beitragenden Flächen (BF) muss deshalb auf das Niederschlagsmuster bezogen werden. Zur Charakterisierung des Standorts Tänikon wurde überprüft, wie oft die Niederschlagsmenge, bei der im Modell Exposit ein Run-off Ereignis auftreten kann, überschritten wird. In Exposit wird mit einem standardisierten 24 h Niederschlag von 20 mm 3 Tage nach Applikation gerechnet. Nach diesen Annahmen kommt es in Tänikon zu ca. 10 Run-off Ereignissen pro Jahr (Tab.2).

Tabelle 2: Häufigkeit in Anzahl Tagen pro Jahr in der eine bestimmte Niederschlagsmenge pro Tag in mm überschritten wird (Quelle: Wetterstation Tänikon)

Niederschlagsmenge pro Tag in mm	0	>0	>10	>20	>30	>40	>50	>60	>70
2009	187	178	35	9	3	2	2	2	0
2010	165	200	42	13	5	0	0	0	0
2011	211	154	37	9	2	1	0	0	0
Mittelwert (d/y)	188	177	38	10	3	1	1	1	0

Sehr häufig werden Niederschlagsmengen pro Tag zwischen 0 und 10mm gemessen. Niederschläge von über 20 mm, welche als ergiebige Niederschläge angesehen werden, treten zwischen 9 und 13 mal, solche

mit mehr als 30 mm zwischen 2 und 5 mal, und solche mit mehr als 40 mm zwischen 1 und 2 mal pro Jahr ein. Die Höchstwerte von 61 und 66 mm wurden nur 2009 erreicht. Die Jahresniederschlagssummen sind 2009: 1138 mm, 2010: 1227 mm und 2011: 969 mm.

Gewässernetz

Der südliche Teil der Fruchtfolgefläche des VB Tänikon entwässert über Drainagen in die Lützelurg und den Löhrenbach (Abb. 1). Direkt grenzen die Parzellen Chaiblen und Scheuerbünt an den Dorfbach. Die Parzellen Grund, Grosswies, Langacker, Fridau und Löhre grenzen an den Löhrenbach und die Parzelle Scheuerbünt grenzt an die Lützelurg. Der nördliche Teil des VB Tänikon entwässert über Drainagen und Strassenkanäle in die Murg. Die zwei Teilgebiete gehören unterschiedlichen Einzugsgebieten an. Im Gebiet Herrenbünt wurde eine pendelnde Hochwasserrinne geschaffen, die in den Weiher mündet. Ein unter dem Rüteli eingedolter Bach soll ausgedolt und ebenfalls in den Weiher geleitet werden. Der Weiher dient als Hochwasserausgleichsbecken der Lützelurg und wird unterirdisch in die Lützelurg entwässert. Direkt grenzt nur ein kleiner Teil der Fruchtfolgefläche an Gewässer. Zudem sind die Oberflächengewässer mit Pufferstreifen oder öAF umgeben.

Beurteilung der Parzellen und mögliche Massnahmen

Mit Hilfe der Karten, dem Drainagenplan, einem Interview mit dem Betriebsleiter und zwei Feldbegehungen werden die Faktoren Transport und Konnektivität beschrieben. Auch werden bestehende Massnahmen und erste Vorschläge für mögliche Massnahmen diskutiert. Auf dem Parzellenplan des Versuchsbetriebes (VB) Tänikon (Abb. 1) sind Parzellen, welche als PSM-Quellen fungieren können, anhand der Unterteilung in Anbauflächen mit einem PSM-Einsatz und in permanente Wiesen und Weiden ohne PSM-Einsatz erkennbar. Auf der Karte PSM-Transport VB Tänikon sind verschiedene Faktoren, die zu einem PSM-Transport führen aufgezeigt (Abb. 2). Auf der Karte Gewässeranschluss VB Tänikon ist der Gewässeranschluss dargestellt. Zu sehen sind die Schnittpunkte der Fliesslinien mit Gewässern oder mit entwässerten Strassen. Zudem sind die drainierten Parzellen dargestellt (Abb. 3). Anhand dieser Karten ist ersichtlich, dass die Parzellen Rüteli, Rüedimoos, Herrenbünt, Altkloster, Halde, Grund, Löhre, Grosswies, Waldegg und Krapf potentiell beitragende Flächen durch Run-off aufweisen. Chaiblen, Scheuerbünt, Grosswies, Grund und Löhre weisen potentiell BF durch Drift auf. Drainagen kommen in den Parzellen Rüteli, Rüedimoos, Herrenbünt, Altkloster, Halde, Grund, Grosswies, Friedau, Löhre und Krapf vor. Nur ein kleiner Teil der potentiell BF weist einen direkten Anschluss zu Oberflächengewässern auf. Grundsätzlich soll die Konnektivität zur Strassenentwässerung stärker beachtet und allenfalls unterbrochen werden.

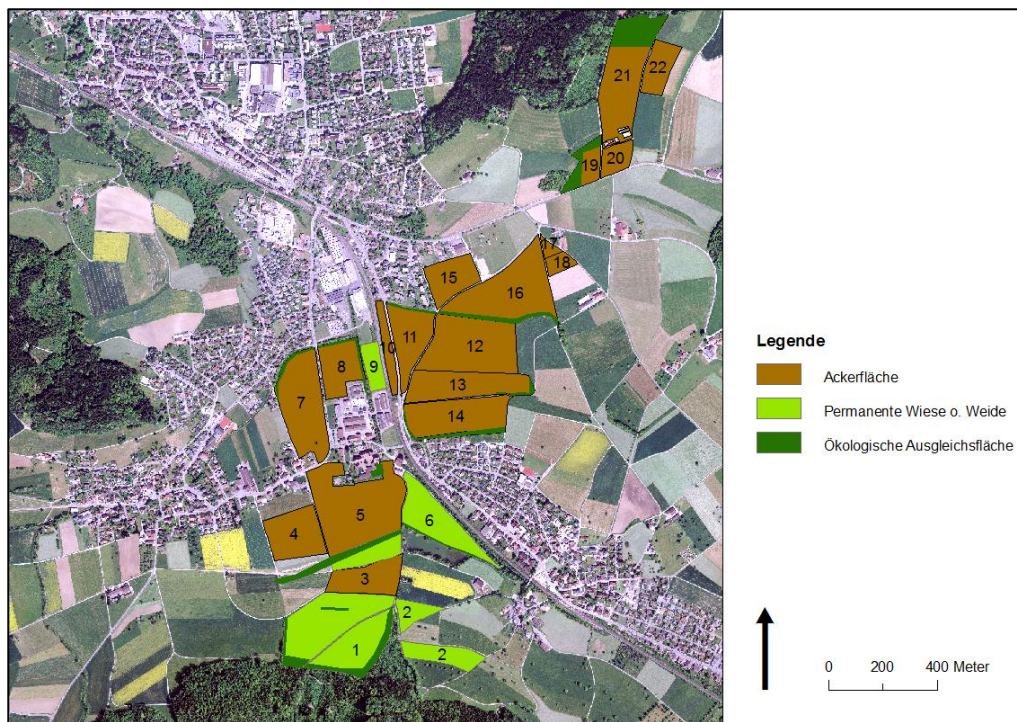


Abbildung 1: PSM-Quellen: Ackerfläche, ökologische Ausgleichsflächen und Wiesen und Weiden.

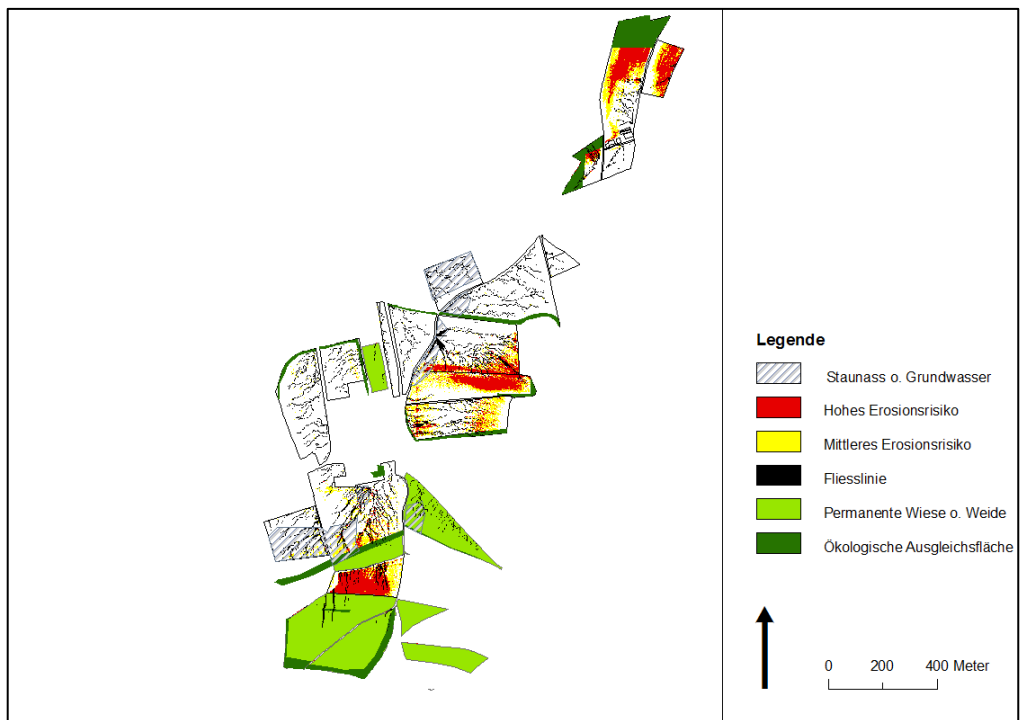


Abbildung 2: PSM-Transport: Erosion, vernässte Böden und Fließlinien

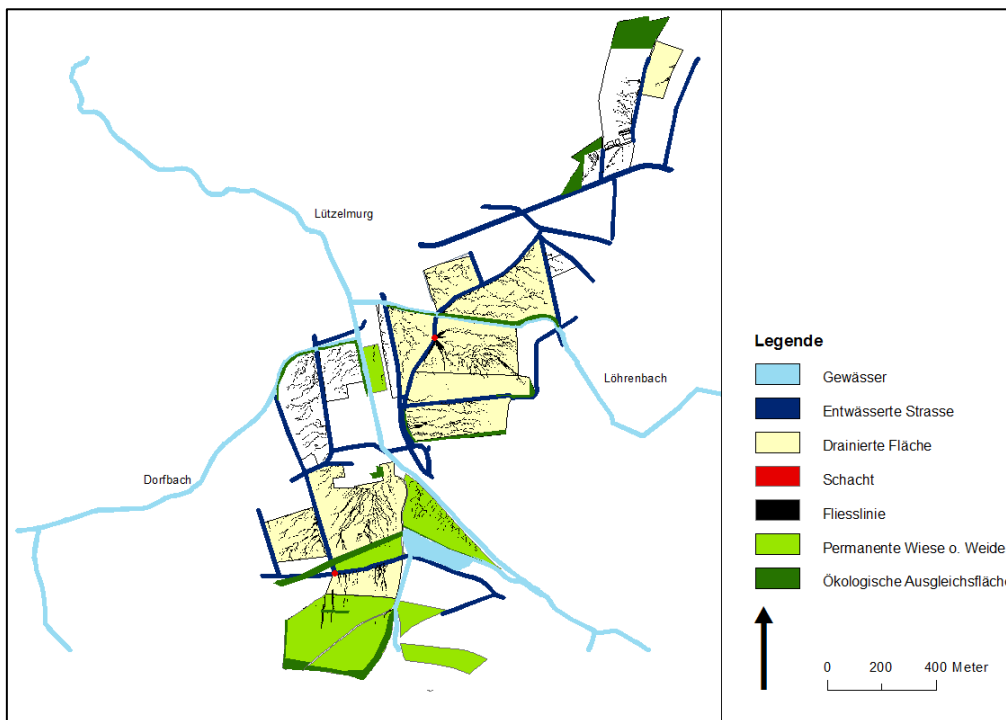


Abbildung 3 Parzellenplan Gewässeranschluss

Rüteli

Die Parzelle Rüteli liegt an einem Hangfuss, ist leicht geneigt, weist wenige Drainagen auf und grenzt an eine entwässerte Strasse. Das potentielle Erosionsrisiko ist hoch und durch die Lage an einem Hangfuss ist die Wahrscheinlichkeit für gesättigten und ungesättigten Run-off sowohl bei kurzen Starkniederschläge wie auch bei langanhaltende Leichtniederschlägen gegeben. Allfälliger Run-off fließt auf eine entwässerte Strasse. Somit besteht eine hohe indirekte Konnektivität zum Oberflächengewässer. Da eine PSM-Quelle, PSM-Transport und die Konnektivität vorhanden sind, wird die Parzelle als potentiell BF bezeichnet. Da das Erosionsrisiko für beinahe die ganze Parzelle hoch ist, ist von einer hohen Wahrscheinlichkeit zu einem PSM-Eintrag der ganzen Parzelle auszugehen.

Aktuell wird Weizen angebaut, was die PSM-Belastungswahrscheinlichkeit senkt, da die Kultur einen hohen Bodenbedeckungsgrad aufweist und somit Run-off verhindern kann. Der Hang oberhalb des Feldes ist zudem durch eine Hecke unterbrochen und durch eine Dauerwiese gegenüber Erosion geschützt. Zur Strasse existiert ein Pufferstreifen von 0.5 m, was der aktuellen Empfehlung entspricht.

Ein problematischer Punkt ist ein Einlaufschacht der Strassenentwässerung, der in einer Vertiefung liegt. Durch das Interview mit dem Betriebsleiter konnte in Erfahrung gebracht werden, dass ein Teil der Drainagen nun in die pendelnde Hochwasserrinne führt. Der restliche Teil der Drainagen und die Strassenentwässerung wird, laut Drainagenplan direkt in die Lützelmurg eingeleitet. Aus Hochwasserschutzgründen ist eine Umleitung dieser Drainagen, der Strassenentwässerung und des eingedohnten Bachs in die Hochwasserrinne und von da in den Weiher als Hochwasserrückhaltebecken geplant. Es besteht die Möglichkeit, diese Hochwasserrinne in Bezug auf den PSM Abbau zu optimieren und als „artificial wetland“, wie im Projekten von artWET beschrieben wird, umzugestalten, um PSM zurückzuhalten und abzubauen. Eine weitere Massnahmen könnte eine Ausdehnung des Pufferstreifens gegenüber der Strasse und eine öAF im Bereich des Strasseneinlaufschachtes sein, sowie ein Verzicht auf den Anbau von Kulturen, die tendenziell viel PSM benötigen, wie Rüben und Kartoffeln.

Die Wahrscheinlichkeit für ein PSM-Eintrag ist auf dieser Parzelle sehr hoch, weshalb hier Massnahmen umgesetzt werden sollten. Ein Teil dieser Massnahmen (Strassenentwässerung) liegt jedoch nicht im Entscheidungsbereich des Betriebsleiters.

Rüedimoos

Da das Rüedimoos staunasse Böden aufweist, sowie zur Bildung von temporären Teichen geneigt hat, war die Wahrscheinlichkeit, dass es zu PSM Run-off kam, hoch. Zudem ist das Gebiet drainiert. Die Konnektivität wird über die Strassenentwässerung und über präferentielle Fliesswege in die Drainage hergestellt, weshalb die Fläche als potentiell beitragende Fläche (BF) bezeichnet wird. Durch die Schaffung der pendelnden Hochwasserrinne hat sich die Situation aber positiv verändert, da das Hangwasser von der Hochwasserrinne aufgefangen wird und keine temporären Teiche mehr beobachtet werden. Der PSM-Transport durch Run-off dürfte sich durch die Hochwasserrinne in diesen Zonen sehr stark gesenkt haben, weshalb diese als wirksame Massnahme in Bezug auf Run-off betrachtet werden kann. Da die Fläche stark drainiert ist, bleibt jedoch der Abfluss über das Drainagesystem und der mögliche PSM-Eintrag über präferentielle Fliesswege (Makroporen). Die Bildung von Makroporen ist bei Direktsaatverfahren zu bedenken. Mit Pufferstreifen und öAF kann die Konnektivität über Drainagenkontrollschächte und gegenüber der Strassenentwässerung vermindert werden.

Halde und Grund

Parzelle Halde neigt zu PSM Run-off durch die Hanglage und somit potentieller Erosion. Die Konnektivität ist einzig über eine Drainage quer zum Hang gegeben. Eine mögliche PSM-Belastung besteht jedoch im Zusammenhang mit der Parzelle Grund, da die Abflusslinien mit den Flächen mit potentieller Erosion verbunden sind und in eine Senke an einer entwässerten Strasse führen. Zudem liegt ein Drainagenkontrollschacht in dieser Senke. Bei sehr starken Niederschlägen bildet sich entlang der Strasse ein Teich der bis zum Löhrenbach reicht. PSM können über Run-off aus einem relativ grossen Gebiet zusammenfliessen und die Wahrscheinlichkeit von einer Konnektivität mit dem Löhrenbach, steigt mit der Niederschlagsmenge, weshalb die beiden Parzellen als BF ausgewiesen werden.

Aktuell wird die Parzelle Halde quer zum Hang bebaut und mit einem Pufferstreifen abgeschlossen. Weitere Erosionsschutzmassnahmen sind hier denkbar, wie z.B. Direkt- oder Streifensaar etc.. Allgemein sind hier alle infiltrationsfördernde und den Abfluss unterbrechende Massnahmen sinnvoll. Als kritischer Punkt bleibt jedoch die drainierte Senke mit Strassenentwässerung und Kontrollschacht.

Folgende Möglichkeiten zur Verbesserung wurden während der Feldbegehung diskutiert:

- a. Die Parzelle Halde wird durch Pufferstreifen unterbrochen und die Senke wird als Ökologische Ausgleichsfläche ausgeschieden.
- b. Durch das Schaffen eines temporären Teichs werden sowohl der Run-off wie auch der Drainagenabfluss aufgefangen. Für die Gestaltung und Pflege dieses „artificial ponds“ könnte in Tänikon ein idealer Versuchsstandort erstellt werden. Um den Run-off und das Erosionsrisiko weiter zu vermindern, könnten über den Dränagen Pufferstreifen angelegt werden, der die Infiltration erhöht und auch für die terrestrische Biodiversität wertvoll sind. Dadurch, dass die Dränagen nicht direkt ins Oberflächengewässer eingeleitet werden, hat die Bildung von Makroporen auf die PSM Belastung keinen negativen Einfluss. Es könnte aber die Bodenqualität durch Verhinderung von Erosion und Verschlammung verbessert werden. Da diese Massnahmen einen massiven Eingriff bedeuten, wäre es gerechtfertigt zuerst die PSM Konzentration in dem Drainagenwasser zu messen.
- c. Die Fläche die zur Teichbildung neigt wird stärker drainiert und ein „artificial pond“ wird in der Pz Grosswiesen angelegt, wo heute die gesammelten Drainagen in den Löhrenbach eingeleitet werden.
- d. Der Löhrenbach selbst, wird als PSM Abbaurückhaltebecken ausgestaltet
- e. Technische Massnahmen zum Klären der Drainagenwasser werden entwickelt, wie auch Massnahmen zum Klären von Strassenmeteorwasser geplant sind.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass Massnahmen, welche den Run-off unterbinden häufig schon angewandt werden aber auch hier noch ausgebaut werden können. Die Konnektivität zur Strassenentwässerung und zu Drainagenkontrollschächten kann durch Pufferstreifen nur teilweise vermindert werden und eine wirkliche Unterbrechung ist oft mit grossen Investitionen verbunden, die zudem nicht im Entscheidungsbereich des Landwirtes liegen.

Attkloster

Auf der Parzelle wird Run-off durch potentielle Erosion und Fliesslinien angezeigt. Das östliche Gebiet ist drainiert. Die Strassen nördlich und westlich sind entwässert. Gegen Westen, wo auch die Fliesslinien hinführen, existiert eine Ökologische Ausgleichsfläche als Puffer zur Strasse. Durch diesen Puffer kann der PSM-Eintrag vermindert werden. Obwohl hier potentiell beitragende Flächen ausgewiesen werden, wird angenommen, dass durch die bestehenden Massnahmen die PSM-Belastung schon deutlich reduziert wurde.

Grosswies

Grosswies und Langacker weisen Fliesslinien auf, die direkt in den Löhrenbach fliessen. Grosswies hat zudem noch eine Drainage. Die Fliesslinien sind jedoch durch einen als öAF ausgewiesenen Puffer unterbrochen. Da beide Parzellen sehr flach sind, ist die Wahrscheinlichkeit für Run-off tief. Somit werden beide Parzellen nicht zu den BF gezählt. Die Konnektivität gegenüber dem Bach sollte bei starken Niederschlägen überprüft werden. Zudem besteht die Möglichkeit am Ende vom Grosswies einen „artificial pond“ zu erstellen, um allfällige PSM im Drainagenwasser vor der Einleitung abzubauen.

Löhre

Die Parzelle Löhre liegt in der Ebene, ist leicht geneigt und die Fliesslinien führen zum Löhrenbach. Bei starken Niederschlägen kommt es zu temporärer Teichbildung am westlichen Ende der Parzelle. Entlang der Strasse besteht am westlichen Ende eine Drainage. Dieser Teil der Parzelle ist somit eine potentiell BF. Zum Bach hin besteht ein Pufferstreifen, weshalb nur bei sehr starken Niederschlägen mit einem direkten Eintrag zu rechnen ist. Durch die geringe Neigung wäre es sinnvoll, die Infiltration auf dem ganzen Feld durch eine angepasste Bewirtschaftung zu fördern und die zur Vernässung neigende Spitze als öAF auszuscheiden.

Waldegg und Krapf

Die Parzelle Waldegg und Krapf sind mässig stark geneigt. Die Parzelle Krapf ist zudem leicht drainiert. Beide Parzellen könnten über das Strassenentwässerungsnetz mit dem Oberflächengewässer verbunden sein. Die Bewirtschaftung erfolgt schon quer zur Hangrichtung. Mögliche Massnahmen sind Pufferstreifen gegen den Strassen und eine allgemeine Verbesserung der Infiltration in diesem Gebiet, z.B. durch Direkt oder Mulchsaat.

Erste Resultate der Vorstudie auf dem Versuchsbetrieb Tänikon

Die Parzellen des VB Tänikon können relativ zueinander in Bezug auf einen möglichen PSM-Eintrag ins Oberflächengewässer bewertet werden. Auf Ebene der Parzelle können die Faktoren benannt werden, die zu einem PSM-Eintrag führen können.

Es kann ausgesagt werden, dass selten eine direkte Konnektivität zum Oberflächengewässer besteht und die betroffenen Parzellen Pufferstreifen gegenüber den Bächen aufweisen. Das heisst, dass vor allem die Konnektivität zu den Strassen und den Drainagenkontrollschächten ein Problem darstellt, dem grössere Beachtung geschenkt werden muss. Durch die Bewirtschaftung kann vor allem auf den Run-off und die Infiltrationskapazität Einfluss genommen werden, was sich mit Zielen des Erosionsschutzes deckt. Ökologische Ausgleichsflächen können die Konnektivität teilweise unterbrechen, sicher aber den Run-off vermindern und Quellen eliminieren.

Durch die geeignete Platzierung von Pufferstreifen und öAF können Synergien zwischen dem Gewässerschutz und der Biodiversitätsförderung geschaffen werden. Die Auswirkung auf die Bewirtschaftung ist aber noch abzuklären.

Bei drainierten Flächen und vor allem bei drainierten und vernässten Senken besteht die Gefahr, dass eine Konnektivität über Makroporen in die Drainagen besteht. Dies muss bei der Bewirtschaftung von drainierten Flächen berücksichtigt werden (z.B. Direktsaat).