





Vergleich von Modellansätzen zur Bewertung des Austragsrisikos von Pflanzenschutzmitteln aus landwirtschaftlich genutzten Flächen in Oberflächengewässer

Oktober 2020



Impressum

Herausgeber:

Bau-und Umweltschutzdirektion Kanton Basel-Landschaft Amt für Umweltschutz und Energie Dr. Nadine Konz Rheinstrasse 29 4410 Liestal

Plattform «Pflanzenschutzmittel & Gewässer» Dr. Mirco Plath Länggasse 85 3052 Zollikofen

Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) Fabienne Bracher Länggasse 85 3052 Zollikofen

Frontbild:

Dargestellt ist eine Feldbegehung zur Datenerhebung nach TOPPS im Rahmen der vorliegenden Studie in 2019 (Quelle: Dr. Nadine Konz, Amt für Umweltschutz und Energie, Basel-Landschaft).

Finanzierung:

Konferenz der Landwirtschaftsämter Schweiz (KOLAS) Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Schweiz. (KVU)

Autoren: Fabienne Bracher

Dr. Nadine Konz Dr. Mirco Plath

Inhaltsverzeichnis

1.	Einlei	itung	4
2.	Mate	rial und Methodenansätze	5
	2.1.	Untersuchungsgebiet	5
	2.2.	Auswahl der Untersuchungsflächen	6
	2.3.	Die zu vergleichenden Erosions-Modelle	6
		2.3.1 Modellansatz nach Noll	6
		2.3.2 Win4	8
		2.3.3 TOPPS	10
		2.3.4 Erosionsrisikokarte des Kantons Basel-Landschaft	15
		2.3.5 Referenzkarte	15
3.	Resu	ltate	16
	3.1.	Zeitlicher Aufwand und Arbeitsschritte	16
	3.2.	Risikobewertung der jeweiligen Modellansätze	18
		3.2.1. Modellansatz nach Noll	18
		3.2.2. Win4	18
		3.2.3. TOPPS	19
		3.2.4. Erosionsrisikokarte des Kanton Basel-Landschaft	21
		3.2.5. Referenzkarte	22
		3.2.6. Direkter Vergleich zwischen den Modellansätzen	23
4.	Disku	ıssion	23
5.	Absc	hliessende Bewertung und Zusammenfassung	28
6.		sagung	
7.		atur	
8.	Anha		
٥.	, u ii ia	"'9	

1. Einleitung

Aktuelle Gewässeruntersuchungen zeigen, dass Fliessgewässer in landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten häufig stark mit Pflanzenschutzmitteln (PSM) belastet sind. Dies führt dazu, dass gewisse Pflanzenschutzmittel vor allem in kleineren und mittleren Fliessgewässern in Konzentrationen auftreten, die für Wasserorganismen schädlich sind. Die beobachtete Konzentrationsdynamik in den Gewässern gibt hierzu klare Hinweise auf die relevanten Eintragsprozesse. Oberflächenabfluss und Erosion sind die wichtigsten Ursachen des Transfers von PSM in Oberflächengewässer (Liess et al. 1999, siehe auch Noll et al. 2010). Die PSM können entweder durch die Bodenpartikel adsorbiert (Ton und organische Stoffe) oder im Wasser aufgelöst werden (Calvet et al. 2005). Eine Studie der EAWAG zeigte hierzu auf, dass verschiedene Parzellen beträchtliche Unterschiede in Bezug auf den PSM-Eintrag in Gewässer aufweisen (Leu et al., 2004; Leu et al. 2010). Die Resultate konnten mit dem Konzept der sogenannten «beitragenden Flächen» beschrieben werden, dass aus der Hydrologie schon seit längerem bekannt ist. Beitragende Flächen machen oft nur einen relativ kleinen Teil der Gesamtfläche aus, sie tragen jedoch überproportional zum PSM-Eintrag ins Gewässer bei (Bühler und Daniel 2013). Damit bietet sich die Möglichkeit, mit gezielten Massnahmen auf wenigen, ausgewählten Teilflächen eine wesentliche Verbesserung der Gewässerbelastung herbeizuführen, ohne Landwirtschaftsflächen grossflächig mit zusätzlichen Auflagen zu belegen.

Aus Sicht der Landwirtschaft werden Massnahmen zur Verminderung der Gewässerbelastungen gesucht, die eine grosse positive Wirkung im Gewässer bei möglichst geringen Kosten und Einschränkungen der landwirtschaftlichen Produktion haben sollen. Entsprechend haben in den vergangenen Jahren verschiedene Institutionen und Projekte dazu beigetragen, risikomindernde Massnahmen und Lösungen für die «gute fachliche Praxis» im Überschneidungsbereich des Pflanzenund Gewässerschutzes zu entwerfen. Ergänzend haben Bundesämter, kantonale Fachstellen und Vertreter der Industrie verschiedene Leitfäden und Broschüren zur Vermeidung von Pflanzenschutzmittel-Einträgen in Oberflächengewässer erarbeitet und veröffentlicht (AGRIDEA 2014, 2016, 2018; BASF 2014, 2016; BAFU/BLW 2013; KIP/PIOCH 2017, Strickhof 2019, TOPPS 2011, 2014, 2018; VKKL 2018, siehe auch kantonale Empfehlungen zu Waschplatz-Anforderungen).

Hieraus resultierten schliesslich für die Schweiz entwickelte Methoden und Modelle, um das Erosionsund Abschwemmungsrisiko (Bodenabtrag) und damit die Verschmutzung der Oberflächengewässer durch PSM einzuschätzen. Hierzu gehören (1) der Ansatz innerhalb des ProfiCrops Programmes Win⁴, (2) der Ansatz nach Noll im Rahmen eines Gewässerschutzprojekts nach Art. 62a GSchG in Boiron (VD) sowie (3) die Erosionsrisikokarte des Kantons Basel-Landschaft, welche die aktuelle Erosion und den Gewässeranschluss berücksichtigt (nachfolgend als kERK/GAK bezeichnet)¹. Auf europäischer Ebene ist vor allem der Ansatz nach TOPPS (TOPPS 2018) verbreitet; dieser wurde jedoch in der Schweiz bisher nicht angewendet.

Die Risikodiagnose der beitragenden Flächen in den verschiedenen Modellen beruht dabei jeweils auf einer Bewertungsmatrix, welche die wichtigsten Einflussfaktoren für Oberflächenabfluss, Erosion und Drainagen sowie den Anschluss an ein Gewässer analysiert. Gleichermassen setzen die vier Modelle unterschiedliche Schwerpunkte und unterscheiden sich somit in ihrer Herangehensweisen und den damit verbundenen Risikobewertungen, beispielsweise bezüglich topographischer Standortfaktoren (kERK/GAK), der Einbindung phytosanitärer Behandlungen der Kulturen vor Ort (Noll), Bodenfaktoren und der damit verbundenen Infiltrationskapazität (TOPPS) oder einem eher gesamtbetrieblichen Beratungsprozess unter Berücksichtigung der Bewirtschaftungsweise, die in einem Interview mit dem Landwirt erschlossen wird (Win4).

Der Schweizer Nationale Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP PSM) strebt eine deutliche Reduktion der PSM-Einträge durch die Landwirtschaft in die Gewässer an. Für eine effektive und zielgerichtete Umsetzung von Verminderungsmassnahmen ist dabei eine vorherige Risikoeinstufung ein unverzichtbares Instrument. Es ist anzunehmen, dass sich in der Risikobewertung einzelner Parzellen in Folge der oben genannten unterschiedlichen methodologischen Herangehensweisen entscheidende Abweichungen ergeben können. Ein direkter Vergleich der verschiedenen Modellansätze wurde bisher jedoch nie durchgeführt. Ebenso gestaltete sich bisher eine Validierung der jeweiligen Model-Ergebnis als schwierig, da meist

Seite 4

_

¹ Die auf Bundesebene verfügbare Erosionsrisikokarte der Schweiz (ERK2) mit der damit verbundenen potenziellen Gewässeranschlusskarte (GAK), die gemeinsam vom Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) und dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) veröffentlicht wurden, ist vergleichbar.

keine realen Feldbeobachtungen bezüglich Oberflächenabfluss und Erosion auf den evaluierten landwirtschaftlichen Nutzflächen vorlagen.

Die vorliegende Studie greift diese Kenntnislücke auf. Ziel der Arbeit war es, die verschiedenen Modellansätze auf Parzellenebene miteinander zu vergleichen und ihre Aussagekraft für die zu bewertende landwirtschaftliche Nutzfläche anhand von realen Feldbeobachtungen zu evaluieren. Die Studie wurde im Einzugsgebiet des Ressourcenprojektes Leimental im Kanton Basel-Landschaft durchgeführt. Innerhalb des Untersuchungsgebietes werden seit 2015 jährlich Kartierungen nach grösseren Niederschlagsereignissen durchgeführt. Diese Informationen und der Dialog mit den Bewirtschaftern ermöglichen es, die Modelle aufgrund der vorliegenden Informationen hinsichtlich einer Anwendung in der Schweiz zu validieren.

Die Motivation zur Durchführung dieser Studie basierte auf der Umsetzung der Massnahme 6.2.1.4 zur «Förderung der guten fachlichen Praxis zum Schutz der Oberflächengewässer» im Rahmen des NAP PSM. Ein Ziel dieser Massnahme ist die Entwicklung eines betriebsspezifischen Beratertools zur Thematik «Pflanzenschutzmittel und Gewässerschutz». Das Beratungstool soll dem Berater ermöglichen, eine betriebsspezifische Analyse der Eintragspfade von Pflanzenschutzmittel in Form von Punktquellen (PSM-Lagerung, anmischen und befüllen sowie reinigen des Spritzgeräts, Entsorgung von Spritzenwaschwasser und PSM-Restmengen) sowie diffusen Quellen (Erosion, Abschwemmung, Drainage, Drift) durchzuführen. Die Risiken des Betriebs sollen identifiziert und Lösungsansätze gemeinsam mit dem Betriebsleiter erarbeitet werden, um die Risiken zu reduzieren.

Die Diagnose von Abschwemmung und Erosion benötigt einen Bewertungsschlüssel, welcher einerseits schweizweit für die unterschiedlichen Betriebstypen (Feldbau, Gemüsebau, Obstbau, Weinbau) einsetzbar ist, und andererseits auf Parzellenebene ansetzt, um betriebsspezifische Massnahmen vorschlagen zu können. Entsprechend sollte die vorliegende Studie klären, ob eines der oben genannten bestehenden Modelle diesen Kriterien gerecht wird und als Bewertungstool für Abschwemmung und Erosion genutzt werden kann, bzw. inwieweit individuelle Aspekte der verschiedenen Modelle in einem neuen Diagnoseansatz zielorientiert fusioniert werden können.

2. Material und Methodenansätze

2.1. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im Einzugsgebiet des Oberen Dorenbachs in den Gemeinden Oberwil, Binningen und Allschwil und umfasst den Chuegrabenbach (westlich im Bild) und den Weierbach (östlich). Der östliche Teil des Einzugsgebietes entwässert in den Weierbach, der am Einzugsgebietsauslass mit dem Chuegrabenbach den Dorenbach bildet. Die beiden Teileinzugsgebiete Chuegrabenbach und Weierbach unterscheiden sich vor allem durch ihre Entwässerung. Das westliche Einzugsgebiet entwässert grösstenteils oberflächlich in den oberen Teil des Chuegrabenbachs. Dabei sind einzelne Flächen mit Drainageleitungen durchzogen. Der östliche Teil des Einzugsgebietes ist durch Drainageleitungen entwässert, die im unteren Teil den Weierbach bilden, der 1.2 km vor der Mündung in den Dorenbach offen fliesst (Abbildung 1).

Die Landwirtschaftliche Nutzfläche (LNF) in dem insgesamt 420 ha grossen Einzugsgebiet beträgt 230 ha (ca. 55%) und wird von insgesamt 16 Landwirten im Haupterwerb bewirtschaftet. Die restliche Fläche besteht zu 30% Wald und 10% Siedlung.



Abbildung 1 Untersuchungsgebiet des Einzugsgebiets Oberer Dorenbach. Zusätzlich dargestellt sind die für den Modellvergleich untersuchten landwirtschaftlichen Nutzflächen.

Die Böden im Untersuchungsgebiet sind Lössböden und somit sehr schluffreich. Diese umfassen schluffige Lehme und schluffige Tone, welche im Gebiet nur graduell ändern. Die tiefgründigen Lössböden sind sehr fruchtbar, weshalb diese für vielseitigen Ackerbau genutzt werden. Im untersuchten Gebiet werden unter anderem verschiedene Getreide, Raps, Mais, Kartoffeln, Soja, Ackerbohnen, Zuckerrüben, Erbsen sowie Freilandgemüse und Obst angebaut.

Da die Böden im Gebiet alle eine sehr ähnliche Bodenbeschaffeinheit aufweisen, ergeben sich die Unterschiede in der Erosionsanfälligkeit nebst der Hanglage hauptsächlich aufgrund der unterschiedlichen Bodenbearbeitung und den wechselnden Kulturen.

Aufgrund der Bodentextur und der Hangneigung sind diese Lössböden jedoch schon bei kleineren Niederschlagsereignissen bei fehlender oder unvollständiger Bedeckung anfällig für Erosion. Im Beobachtungszeitraum wird oft eine Niederschlagsmenge pro Tag zwischen 0 und 10mm gemessen. Niederschläge von über 20mm, welche als ergiebige Niederschlagsmengen angesehen werden, treten zwischen 2 und 6 Mal pro Jahr auf. Grössere Niederschläge mit mehr als 40mm kamen nur in den Jahren 2015 und 2018 vor (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 Häufigkeit in Anzahl Tage in der eine bestimmte Niederschlagsmenge in mm pro Tag überschritten wird (Quelle: Wetterstation Basel/Binningen)

Niederschlagsmenge pro Tag in mm	0	>0	>10	>20	>30	>40	>50	∑ NS/a in mm
2015	224	123	11	4	2	1	0	644
2016	189	142	26	6	3	0	0	997
2017	196	144	21	3	1	0	0	757
2018	211	130	20	2	0	0	1	695
2019	197	147	13	7	1	0	0	786
Mittelwert	203	137	18	4	1	0	0	776

2.2. Auswahl der Untersuchungsflächen

Für den Modellvergleich wurden die Flächen von 6 der insgesamt 16 im Einzugsgebiet befindlichen Betrieben berücksichtigt. Von diesen 6 Betrieben befinden sich 4 Höfe innerhalb und 2 ausserhalb des Untersuchungsgebiets. Von den jeweiligen Betrieben wurden nur jene Flächen betrachtet, die innerhalb des Untersuchungsgebietes liegen. Bei der Auswahl der Betriebe bzw. der Flächen wurde speziell darauf geachtet, dass eine möglichst hohe Variabilität an Kulturen sowie unterschiedliche Hanglagen und Bewirtschaftungsarten vertreten sind. Insgesamt wurden 73 Parzellen untersucht, die einer landwirtschaftlichen Nutzfläche von insgesamt 107 ha entsprechen. Von den untersuchten 107 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche sind 84% Ackerfläche, die verbleibenden 16% sind permanente Wiesen und ökologische Ausgleichsflächen. Letztere sind für die Risikoeinschätzung nur von geringem Interesse, da diesen Flächen als potentielle Eintragsquellen von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer vernachlässigbar sind.

2.3. Die zu vergleichenden Modell-Ansätze

Die Risikodiagnose der beitragenden Flächen wurde für vier verschiedenen Methoden-Ansätzen durchgeführt. Hierzu gehören (1) der Ansatz innerhalb des ProfiCrops Programmes Win⁴, (2) der Ansatz nach Noll im Rahmen eines Gewässerschutzprojekts nach Art. 62a GSchG in Boiron (VD), (3) die Erosionsrisiko- und Gewässeranschlusskarte des Kantons BL sowie (4) der europäische Ansatz nach TOPPS. Um eine Aussagequalität gegenüber den realen Verhältnisse besser beurteilen zu können, wurde eine Referenzkarte anhand regelmässig durchgeführter Kartierungsarbeiten in den Jahren 2013-2018 im Untersuchungsgebiet erstellt. Im Folgenden werden die verschiedenen Methoden näher erläutert.

2.3.1. Modellansatz nach Noll

Die Methode nach Noll wurde im Einzugsgebiet des Boiron de Morges (Waadt) entwickelt. Die Arbeit fand im Rahmen eines Programmes zur Verminderung der Konzentration von PSM als Sanierungsprojekt (Artikel 62a Gewässerschutzgesetzes) statt. Die Methode verbindet Feldbeobachtungen mit der Nutzung von geographischen Informationssystemen und berücksichtigt statische sowie dynamische Faktoren (siehe auch Noll et al. 2010). Die Verknüpfung dieser Faktoren erlaubt es, eine Gesamtrisikokarte der Transferrisiken von PSM für ein definiertes Untersuchungsgebiet zu erstellen.

statische Faktoren

Diese Faktoren hängen von der Lage und der Topographie der landwirtschaftlichen Parzellen ab und verändern sich von einer Anbausaison zur nächsten nicht, deshalb werden diese auch als statisch bezeichnet.

Diese sind:

- Hangneigung
- Hanglänge
- Entfernung der Parzelle zum Gewässer
- Landschaftselemente, welche die Fliessrichtung des Wassers beeinflussen, indem sie als Leitlinien oder aber als Barrieren für Oberflächenabflusswasser wirken. (Wege, Strassen, Wälder, Hecken und Grünstreifen bzw. Pufferzonen, die mehr als 3 m breit sind)
- Körnung des Oberbodens

Die beiden Faktoren Hangneigung und Hanglänge wurden aus einem digitalen Geländemodell (DGM) abgeleitet. Die als Barriere wirkenden Landschaftselemente (Grünstreifen/Hecke/Wald) wurden mit Hilfe von Kartenmaterial und im Feld erhoben. Die Entfernung zum Gewässer wurde automatisiert im GIS ermittelt. Schliesslich wurde noch die Körnung des Oberbodens anhand der Bodenart ermittelt. Die Böden im Untersuchungsgebiet sind sehr homogen. Es wurde für alle lehmiger Schluff klassiert.

Für alle fünf betrachteten Faktoren wurde anhand des in Tabelle 2 dargestellten Bewertungsschemas nach Noll et al. (2010) die Risikoklassen bestimmt, denen jeweils ein Koeffizient zwischen 0 (kein Risiko) und 4 (sehr starkes Risiko) zugeordnet ist.

In einem nächsten Schritt wurden aus den Faktoren Hangneigung und Hanglänge der übergeordnete Faktor Relief abgeleitet. Um den Faktor Relief für eine Parzelle zu bestimmen, wird pro Parzelle jeweils die höhere Risikoklassierung von Hangneigung oder Hanglänge gewählt.

Der übergeordnete Faktor Abfluss wird beim Verfahren nach Noll unter Berücksichtigung der Faktoren Landschaftselemente und Entfernung Gewässer auf die gleiche Weise berechnet werden wie der Faktor Relief. Zur Vereinfachung wurde jedoch in der vorliegenden Arbeit der Faktor Abfluss mithilfe der Gewässeranschlusskarte des Kanton BL bestimmt. Dabei wurden folgende Koeffizienten zugeteilt: 4 für 'direkter Anschluss an Gewässer' oder 'via entwässerte Strassen/Wege', 3 für unbefestigte Wege, 2 für 'indirekter Anschluss via Nachbarparzelle', 1 für 'funktionierende Barrieren' und 0 für 'kein Anschluss'.

Anschliessend wurde das Risiko der Faktoren Relief und Abfluss miteinander verrechnet. Ist das Risiko für den einen oder den anderen Faktor null, wird das gesamte Risiko als null angesehen. Ansonsten wird der Durchschnittswert beider Klassierungen verwendet. Als Ergebnis erhält man eine Karte der statischen Faktoren (siehe Anhang 8).

dynamische Faktoren

Diese Faktoren verändern sich abhängig von der angebauten Kultur und der Bodenbearbeitung, weshalb sie auch als dynamisch bezeichnet werden.

Diese beinhalten:

- Anbaukulturen (Anzahl Pestizidbehandlungen und Bedeckungsgrad zum Zeitpunkt der Behandlungen)
- Bodenbearbeitungsrichtung im Verhältnis zum Hang

Die Angaben zu den angebauten Kulturen sowie die Bearbeitungsrichtung wurden für jede Parzelle im Feld kartiert. Anschliessend ordnet man beide Faktoren der einzelnen Parzellen anhand der Bewertungstabelle nach Noll einer Risikoklasse zu (Tab. 2).

Tab. 2 Bewertung PSM-Eintragswahrscheinlichkeit Hang- und Hangfusslagen angepasst nach Noll et al. (2010).

			Kein Risiko Koeff. = 0	Geringes Risiko Koeff. = 1	Mittleres Risiko Koeff. = 2	Starkes Risiko Koeff. = 3	Sehr starkes Risiko Koeff. = 4
	Faktor Relief	Hangneigung [1]	< 2 %	2-5 %	6-15 %	16-25	> 25 %
toren	Fak	Hanglänge ^[2]	< 50 m	51-100 m	101-200 m	201-300 m	> 301 m
statische Faktoren	Faktor Abfluss	Landschaftselemente	Wald/Hecke, Abhang				
statis		Entfernung zu den Gewässern [3]	> 200 m		20-200 m		< 20 m
	Körnung des Oberbodens [1]		AA, As, A	Als, AS, AI	SI, S, SS, Sa	Sal, Lsa, LAS, La	L, Ls, LL
dynamische Faktoren	Anbaukul	turen ^[4]	Permanente oder temporäre Wiese; Brachland, Luzerne, Rohrschilf	Getreide, Weinbau > 70 % bedeckt	Obstanbau, Frühjahrsanbau ^[5] , Ackerbohnen, Weinbau 70-50 % bedeckt	Rüben, Kartoffeln, Weinbau 50- 30 % bedeckt	Gemüse, Weinbau < 30% bedeckt
dynaı	Bodenbearbeitungsrichtung		Kein Abfluss	Perpendikular zum Abfluss			Parallel zum Abfluss

^[1] Mosimann et al. (1991); ^[2] Mosimann und Rütimnn (1996) ; ^[3] Laubier (2001); ^[4] Hani et al. (1990); ^[5] Frühjahrsanbau = Raps, Mais, Soja, Sonnenblumen, Lupinen, Erbsen

Anschliessend wird das Risiko der Faktoren Anbaukultur und Bodenbearbeitungsrichtung miteinander verrechnet. Ist das Risiko für den einen oder den anderen Faktor null, wird das gesamte Risiko als null

angesehen. Ansonsten wird der Durchschnittswert beider Klassierungen genommen. Als Ergebnis erhält man eine Karte der dynamischen Faktoren (siehe Anhang 9).

Für die abschliessende Gesamtrisikokarte der Transferrisiken von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer wurden die Risikokarten der dynamischen und der statischen Faktoren miteinander verrechnet. Hierfür wurde wiederum der Durchschnittswert der Risiken berechnet, es sei denn, eines der Risiken war null. Damit ist der gesamte Wert null.

2.3.2. WIN4

Das Win4-Konzept wurde in einem vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) finanzierten Forschungsprojekt von 2008-2015 an der Forschungsanstalt Agroscope entwickelt mit dem Ziel, praktisch umsetzbare Ziele für Landwirtschaftsbetriebe zu definieren, um durch die Optimierung aller Dimensionen der Nachhaltigkeit, nämlich Ökologie (Stoffflüsse und Biodiversität), Ökonomie und Soziales Synergien zu erzielen (siehe hierzu Daniel et al. 2014).

Hierzu gehörte auch die Aufgabe, ein Tool zu entwickeln, mit dessen Hilfe man erosionsanfällige Flächen und die damit verbundenen Pflanzenschutzmittel-Stoffflüsse über Bodenabtrag (sogenannte «beitragende Flächen») im Feld identifizieren kann. Diese Methode setzt sich aus einer im Vorfeld von den Standortfaktoren abgeleiteten Risikoeinschätzung (worst-case Szenario) und einer anschliessenden Überprüfung im Feld zusammen (realistisches Eintragspotenzial). Detaillierte Information finden sich in Bühler und Daniel (2013).

Damit der potentielle PSM-Eintrag in Gewässer beschrieben werden kann, müssen Informationen zu folgenden Standortfaktoren verfügbar sein:

(1) PSM- Quelle

Hierfür wurde eine einfache Zuteilung der Nutzungsart vorgenommen: offene Ackerfläche = PSM-Quelle; ökologische Ausgleichsflächen (öAf) und permanente Wiesen und Weiden ≠ PSM-Quelle.

(2) PSM- Transport im Feld

Oberflächlicher Abfluss und Infiltration in die Drainagen sind die zwei Transportpfade, welche den 'PSM-Transport in der Parzelle definieren. Dabei sind folgende Faktoren wichtig:

- Oberflächenabfluss/Erosion (als Funktion von Topographie, Boden und Niederschlag)
- Infiltrationskapazität des Bodens
- Vernässungstendenz des Bodens
- Talwege

(3) Gewässeranschluss (Konnektivität)

Nach dem Transport der PSM durch Oberflächenabfluss aus dem Feld oder Infiltration in den Unterboden ist ein Anschluss der Parzelle an ein Gewässer Voraussetzung, damit diese in die Gewässer gelangen. Dabei wird die Art der Konnektivität der beitragenden Fläche an ein Gewässer durch folgende Faktoren beeinflusst:

- Barrieren (wie z.B. bewachsene Puffer (Grünstreifen), Hecken, Dämme oder Sickergräben)
- via Nachbarparzelle
- Drainagen (Fläche oder Senke)
- via Strassenentwässerung und Schächte
- via bewachsenem Puffer
- direkter Anschluss

Je nach Lage (Hang, Hangfuss und Ebene) wird der potentielle PSM-Eintrag in Gewässer als Funktion vom Erosionsrisiko (Tab. 3) oder als Funktion der Bodeneigenschaften (Tab. 4) und dem Anschluss beurteilt. Sind bei einer Parzelle beide Beurteilungsschemata möglich, zählt die Bewertung, welche das

grössere Eintragsrisiko voraussagt. Für eine spätere 'realistische' Einschätzung sind jedoch alle Möglichkeiten zu berücksichtigen.

Tab. 3 Bewertung PSM-Eintragswahrscheinlichkeit Hang- und Hangfusslagen (Bühler und Daniel 2013)

	PSM-Eintragswahrscheinlichkeit					
Konnektivität	Mittleres Erosionsrisiko		Hohes Erosionsrisiko			
	Auf > 25 % der Parzelle	Auf > 50 % der Parzelle	Auf > 25 % der Parzelle	Auf > 25 % der Parzelle		
Durch Barriere abgegrenzt, keine Drainagen	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Gering		
Über weitere Parzelle mit dem Gewässernetz verbunden	Gering	Gering	Gering	Mittel		
3) Drainierte Fläche	Gering	Gering	Gering	Mittel		
4) Drainierte Senke	Mittel	Mittel	Mittel	Hoch		
5) Strassenentwässerung, Schacht	Mittel	Hoch	Sehr hoch	Sehr hoch		
6) Direkter Gewässeranschluss	Hoch	Hoch	Sehr hoch	Sehr hoch		

Tab. 4 Bewertung PSM-Eintragswahrscheinlichkeit Hang- und Ebenen (Bühler und Daniel 2013)

Konnektivität	PSM-Eintragswahrscheinlichkeit				
	Normal durchlässige Böden	Talweg mit Infiltrations- hemmung	Oberflächen- infiltrations- hemmung	Staunässe, Grundwasser beeinflusst	
Durch Barriere abgegrenzt, keine Drainagen	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	
Über weitere Parzelle mit dem Gewässernetz verbunden	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	Sehr gering	
3) Drainierte Fläche	Sehr gering	Gering	Gering	Mittel	
4) Drainierte Senke	Sehr gering	Mittel	Mittel	Hoch	
5) Strassenentwässerung, Schacht	Gering	Mittel	Sehr hoch	Sehr hoch	
6) Direkter Gewässeranschluss	Gering	Mittel	Sehr hoch	Sehr hoch	

In der vorliegenden Studie erfolgte die Bewertung des Erosionsrisikos auf Parzellenniveau mit Hilfe der Erosionsrisikogefährdungskarte des Kanton BL und die Bewertung der Konnektivität mit Hilfe der Gewässeranschlusskarte des Kanton BL. Die Bodeneigenschaften wurden mit den Bodenkarten des Kanton BL beurteilt.

Von der Beurteilung durch Tab. 3 und 4 ausgehend wird ein «worst-case» Szenario des potentiellen PSM-Austragsrisikos erstellt. Ab einer mittleren bis sehr hohen PSM-Eintragswahrscheinlichkeit für eine Parzelle ein Situationsschreiben erstellt. Hierfür werden weitere wichtige Faktoren wie die Bewirtschaftung (z.B. Wahl der Kulturen, Anbaumethoden, Bodenbedeckung) und bereits umgesetzte Massnahmen (z.B. Pufferstreifen und ökologische Ausgleichsflächen) miteinbezogen. Die Informationen zu diesen ergänzenden Faktoren wurden in Interviews mit den 6 Betriebsleitern ermittelt. Die entsprechende Interview- und Kartierungsprotokolle finden sich in Anhang 7.

Durch die Bewertung der zusätzlichen Informationen der Bewirtschaftung kann das zuvor durch die Standortfaktoren abgeschätzte 'worst-case' Potenzial für PSM-Einträge realistischer dargestellt werden. Einen exakten 'Schlüssel' zur Bewertung des Einflusses der Bewirtschaftung gibt es jedoch nicht. Ein von Bühler und Daniel (2013) vorgeschlagener Bewertungsansatz findet sich im Anhang 7. Die Bewertung erfolgte jedoch hauptsächlich nach subjektiver Einschätzung.

2.3.3. TOPPS

Die Methode für die Feldevaluation potentieller Eintragspfade von Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässer nach TOPPS (TOPPS: Train Operators to Promote best Practices and Sustainability) wurde im Rahmen der vom europäischen Pflanzenschutzverband (ECPA) geförderten Projekte TOPPS-PROWADIS (PROWADIS: Protect Water from Diffuse Sources) und TOPPS Water Protection (TOPPS 2015-2018) entwickelt.

Das Projekt TOPPS-PROWADIS (2012-2014) hatte zum Ziel, die Einträge von Pflanzenschutzmitteln (PPP) in Oberflächenwasser durch Anwendungen im Feld zu reduzieren. Es konzentrierte sich auf Aspekte im Zusammenhang mit Abfluss/Erosion und Sprühabdrift, für die Verfahren zur Diagnose und Verminderung von diffusen PSM-Belastungen in Oberflächengewässern entwickelt wurden.

Das Projekt TOPPS Water Protection (TOPPS 2015-2018) fokussierte auf die intensive Verbreitung von «Best Management Practices (BMPs)». Das Projekt richtete sich an Landwirte und Berater in 12 Ländern und erstellte dabei unter anderem in 2018 ein Risiko-Bewertungsverfahren bezüglich PSM-Einträge in Gewässer durch Entwässerung und Leaching.

Die aus den beiden oben genannten Projekten resultierenden Bewertungsverfahren basieren auf der Matrix eines sogenannten Dashboard-Konzept (siehe hierzu auch TOPPS 2014, 2018). Das Ziel des Dashboard-Konzepts der TOPPS-Projekte für diffuse Quellen im Feld ist es, die Komplexität der Faktorkombinationen für das Entstehen von Oberflächenabfluss zu reduzieren und dennoch eine sachgerechte Beurteilung zu erreichen. Die Bewertungshilfen ermöglichen dabei eine strukturierte Risikoanalyse für jedes einzelne Feld eines Einzugsgebietes.

Der Schwerpunkt der TOPPS-Methode liegt auf der Risikoeinschätzung im Feld, wofür unterschiedliche Eintragspfade (Oberflächenabfluss und Drainagen) in die Gewässer berücksichtigt werden. Zusätzliche Informationen wurden aus Geographischen Informationssystemen entnommen.

Im Feld wurden 3 unterschiedliche Prozesse der Bildung von Oberflächenabfluss (sogenannter Runoff) untersucht:

1. Infiltrationshemmung (Dashboard D1)

Oberflächlicher Run-off tritt auf, wenn der Boden aufgrund seiner Struktur oder durch Störungen, wie z.B. Verkrustung oder Verschlämmung der Bodenoberfläche, eine verringerte Durchlässigkeit aufweist und die anfallende Niederschlagsmengen nicht mehr aufnehmen kann. Die Infiltration von Wasser in den Boden sowie die Adsorption und der Abbau von PSM-Wirkstoffen werden durch spezifische Bodeneigenschaften beeinflusst.

2. Sättigungsaustrag (Dashboard D2)

Run-off findet statt, wenn der Boden mit Wasser gesättigt ist und keine zusätzlichen Niederschlagsmengen im Boden versickern können. Dies kann bei einer geringen Profiltiefe (flachgründige Böden) auftreten oder wenn die Böden aufgrund Verdichtung oder durch eine wasserundurchlässige Schicht (z.B. Pflugsohle) gestört sind.

3. Konzentrierter Run-off (Dashboard D3)

Konzentrierter Run-off tritt auf, wenn Wasser sich aufgrund der durch die Feldbewirtschaftung entstandenen Strukturen (z.B. Fahrgassen oder Reihenkulturen in Gefällerichtung) oder wegen der vorhandenen Landschaftsform (Hang, Talweg bzw. Gefällelinie) ansammelt und in Rinnen abfließt. Konzentrierter Run-off tritt bei Starkregen auf und ist im Gelände durch Rinnen- bzw. Grabenerosion zu erkennen.

Mithilfe der zwei Bewertungssystemen «Infiltrationshemmung» (D1) und «Sättigungsgrad» (D2) (siehe hierzu Tab. 2 und Tab. 3) kann das wesentliche Run-off-Risiko auf der Feldebene korrekt bestimmt werden. Die Run-off-Situationen aufgrund begrenzter Infiltration (D1) oder durch Wasserübersättigung (D2) werden in 4 Risikoklassen (hohes bis sehr niedriges Risiko) eingestuft. Eine weitere Bewertungsmatrix (D3) dient zur Beurteilung des konzentrierten Run-offs (siehe Tab. 4). Für den Fall eines konzentrierten Run-offs entsprechen die bestehenden D3-Risikoklassen (insgesamt 11) immer einem hohen Risiko, aber mit unterschiedlichen Fallsituationen, die immer durch mehr oder weniger intensive bzw. aufwendige Minderungsmassnahmen entschärft werden sollten.

Für die Bestimmung des Risikos anhand der Bewertungssysteme wurden zunächst folgende topographischen Faktoren berücksichtigt:

- Entfernung zum Gewässer
- Barrieren, Pufferzonen
- Topographie (Lage und Hangneigung)
- Talwege, Fahrspuren und Erosionsrillen
- Fliessrichtung des Oberflächenabflusses im Feld

Für eine eindeutige Bewertung anhand der oben beschriebenen Dashboard-Matrices benötigt es anschliessend folgende Informationen zu den Bodeneigenschaften der zu bewertenden Parzelle, die über entsprechende Feldmethoden erhoben werden müssen:

- Substratdurchlässigkeit
- Durchlässigkeit des Oberflächenhorizonts
- Saisonale Durchlässigkeit des Bodenprofils
- Verfügbare Wasserkapazität im Oberboden
- Evaluation von Anzeichen für Bodenverschlämmung oder Run-off-Symptome

Tabelle 5 Bewertungsmatrix für die Klassifikation des Run-off Risikos aufgrund begrenzter Infiltration (D1) (in Anlehnung an TOPPS 2014).

Lage zum Gewässer	Permeabilität Obe	rboden	Hangneigun	g	Risiko-Klasse
			steil (>5%)		hoch
	niedrig	niedrig mittel (2-5%))	hoch
Feld mit Gewässer verbunden			flach (<2%)		mittel
	mittel hoch		steil (>5%)		hoch
(angrenzend bzw. Wasserabfluss in Gewässer			mittel (2-5%)		mittel
möglich) ¹			flach (<2%)		niedrig
			steil (>5%)		mittel
			mittel (2-5%)		niedrig
			flach (<2%)		sehr niedrig
		ia	Run-off erreicht	ja	hoch
Feld <u>nicht</u> mit Gewässer verbunden	Run-off in tiefer liegendes Feld?	ja	Gewässer?	nein	sehr niedrig
	,		nein	·	sehr niedrig

¹ Je grösser die Distanz eines behandelten Feldes zum Oberflächengewässer ist, desto geringer ist das Risiko eines PSM- Transfers durch Run-off/ Erosion. Neben der reinen Distanz zum Oberflächengewässer sind auch die Geschwindigkeit des abfliessenden Wassers und die auftretenden Wassermassen in Folge von konzentriertem Run-off (z. B. Abfluss über Strassen, Wege, Rohrleitungen, Gräben) ausschlaggebend. Daher können auch Flächen, die nicht direkt an ein Oberflächengewässer angrenzen, ein Run-off-Risiko besitzen.

Tabelle 6 Bewertungsmatrix für die Klassifikation des Run-off Risikos aufgrund von Wasserübersättigung (D2) (in Anlehnung an TOPPS 2014).

Lage zum Gewässer	Drainage	Topographie	Permeabilität Unterboden	Feldkapazität (nFK*)	Risiko-Klasse
			Pflugsohle <u>und</u> Stauschicht		hoch
			Pflugsohle oder	< 120 mm	hoch
		Hangfuss, Tallage	Stauschicht	> 120 mm	mittel
			durchlässig	< 120 mm	mittel
	nein		durchlassig	> 120 mm	niedrig
	nem		Pflugsohle <u>und</u> Stauschicht		hoch
		Hangkopf, einheitliches Gefälle	Pflugsohle oder Stauschicht	< 120 mm	mittel
Feld grenzt an Gewässer				> 120 mm	niedrig
			durchlässig	< 120 mm	niedrig
				> 120 mm	sehr niedrig
			Pflugsohle <u>und</u> Stauschicht		mittel
			Pflugsohle <u>oder</u>	< 120 mm	mittel
	ja	Alle Lagen	Stauschicht	> 120 mm	niedrig
			durchlässig	< 120 mm	niedrig
			uurciilassig	> 120 mm	sehr niedrig
	Run-off in	ia	Run-off erreicht	Ja	hoch
Feld grenzt <u>nicht</u> an Gewässer	unterliegendes	ja	Gewässer	nein	niedrig
	Feld?	nein			sehr niedrig

Tabelle 7 Bewertungsmatrix für die Klassifikation von konzentriertem Run-off (D3). Für den Fall eines konzentrierten Run-offs entsprechen die bestehenden D3-Risikoklassen (insgesamt 11) immer einem hohen Risiko, aber mit unterschiedlichen Fallsituationen, die immer durch mehr oder weniger intensive bzw. aufwendige Minderungsmassnahmen (M1-M11) entschäft werden sollten (in Anlehnung an TOPPS 2014).

Run-off entsteht im zu bewertenden Feld?	Run-off Formen/Intensität und Bodenmerkmale				
Nein	Run-o	ff kommt aus einer höh	ner liegenden Fläche	hoch (M1)	
	F	Run-off ist in Fahrgasse	en konzentriert	hoch (M2)	
	Run-off konzentriert im Feldauslauf				
	Run-off vor allem in der Feld-Zufahrt				
	Mittlerer Run-off in Fo	man van Dinnan/Dillan	hoch (C)	hoch (M5)	
la	Mittierer Run-off in Fol	m von Rinnen/Rillen	hoch (C)	hoch (M6)	
Ja	Mittlerer Run-off im	Talweg bzw. in der	hoch (C)	hoch (M7)	
	Wassersar	nmellinie	hoch (C)	hoch (M8)	
	Stark konzentrierter		hoch (C)	hoch (M9)	
	Run-off mit Grabenerosion im	hoch (C)	hoch (C)	hoch (M10)	
	Talweg		hoch (C)	hoch (M11)	

Bei der Beurteilung des Bodens wird zunächst visuell ermittelt, ob die Infiltration des Bodens gehemmt ist oder Probleme durch den Bodenwasserhaushalt bestehen. Dies wird anhand von Spuren von Oberflächenverschlämmung, Run-off und/oder Erosion-Erscheinungen sowie geringer Vegetationsdichte und geringer Wuchsgrösse bewertet. Falls Probleme sichtbar sind, wird mittels Spatenprobe und Bodenkrumenprofil das Problem ermittelt, (z.B. Infiltrationshemmung durch Verdichtung, geringer Humusgehalt oder Oberflächenverschlämmung, geringe Durchwurzelung, hydromorphe Anzeichen und/oder modriger bis fauliger Geruch durch Verdichtung bzw. Stau- oder Grundwassereinfluss).

Für die Beurteilung des konzentrierten Run-off wurden nebst oberflächlichen Anzeichen (wie Erosionsrillen und Sedimentablagerung am Hangfuss) und der Fliessrichtung zusätzlich noch sogenannte Mannslöcher (Drainageverbindungsschächte) innerhalb der Felder auf ihre Dichtigkeit überprüft. Bei undichten Schächten würden PSM mit konzentriertem Runoff im Feld ungefiltert ins Drainagesystem und somit ins nahegelegene Gewässer gelangen.

Ein Sonderfall von Run-off unterhalb der Oberfläche kann bei künstlich entwässerten/ drainierten Flächen auftreten. Hier wird überschüssiges Wasser im Boden über das Drainagesystem in das nächste Oberflächengewässer abgeleitet. Dabei wird Oberflächlicher Run-off aufgrund überschrittener Wasseraufnahmekapazität reduziert. In den Drainagen können allerdings zeitweise signifikante Mengen von PSM gefunden werden, vor allem wenn PSM nach einer Trockenperiode auf Böden mit starken Schrumpfrissen oder auf Böden mit bereits hoher Wassersättigung ausgebracht werden.

Aus diesem Grund wurde der Abfluss in Drainagen als separater Prozess beurteilt und eine zusätzliche Dashboard-Matrix nach TOPPS verwendet (siehe hierzu auch Tab. 8):

4. Drainagen-Abfluss (Dashboard D4: Drainflow vulnerability)

PSM Transport in Drainagen ist abhängig von der Bodenstruktur und wird stark durch die Bearbeitungspraktiken beeinflusst. Ein erhöhtes Risiko von Drainagen-Abfluss besteht bei Böden mit grossen Schrumpfrissen (hoher Tonanteil) oder Makroporen (z.B. Regenwurmgänge), durch welche die PSM-Wirkstoffe schneller in die Drainagen abfliessen können und somit nicht im Boden adsorbiert und abgebaut werden, sowie bei flachgründigen bzw. leicht gestörten Böden mit reduzierter Wasserspeicherkapazität.

Tabelle 8 Bewertungsmatrix für die Vulnerabilitätsdiagnose von Pflanzenschutzmitteltransfer durch Drainage (D4) (in Anlehnung an TOPPS 2014).

	Grosse Risse/Makroporen ⁽¹⁾ vorhanden		Hohes Risiko	
Entwässerung aufgrund von Böden	Crosso Biggs/Makroporon	Unterbodenlockerung oder bangewendet	Hohes Risiko	
mit geringer Durchlässigkeit	Grosse Risse/Makroporen treten in den meisten Jahren nicht auf	bodenwendendes Pflugen	Ton > 35 %	Hohes Risiko
Buromacoignoit			Ton > 25-35 %	Mittleres Risiko
			Ton < 25 %	Geringes Risiko
	Mineralböden	Grosse Risse/Makroporen(1)	vorhanden	Hohes Risiko
Entwässerung zur		Grosse Risse/Makroporen	WHk ⁽³⁾ < 150 mm	Hohes Risiko
Kontrolle von flachem		treten in den meisten	WHK 150-230 mm	Mittleres Risiko
Grundwasser		Jahren nicht auf	WHK > 230 mm	Geringes Risiko
	Torfböden ⁽²⁾			Geringes Risiko

⁽¹⁾ An der Bodenoberfläche treten Risse / Makroporen mit einer Breite von ≥ 1 cm auf

Anhand der vier Dashboard-Matrices werden bei TOPPS anschliessend für jeden der vier einzelnen Abflussbildungs-Prozesse (d.h. Infiltrationshemmung, Sättigungsaustrag, konzentrierter Run-off und Drainagen-Abfluss) mögliche Lösungsansätze zur Reduzierung des PSM-Eintrags in die Gewässer gesucht.

⁽²⁾ Torfige Böden: Böden mit > 30 % organischer Substanz im Oberboden (Pflugschicht)

⁽³⁾ Bodenwasserhaltekapazität im Feld (in oberen 100 cm Bodenprofil oder oberhalb des Abflussniveaus, je nachdem, welcher Bereich niedriger ist).

2.3.4. Erosionsrisikokarte des Kantons Basel-Landschaft

Als Grundlage wurde die Erosionsrisikogefährdungskarte des Kantons BL verwendet. Diese stellt die aktuelle Erosionsgefährdung für Ackerfläche dar, das Dauergrünland wurde dafür speziell eliminiert. Die Karte basiert auf der Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) und zeigt das mittlere langjährige 'aktuelle' Erosionsrisiko in Tonnen pro Hektar und Jahr. Dies bedeutet, dass Fruchtfolgen und Bodenbearbeitung aufgrund der jährlichen Daten der letzten Jahre berücksichtig wurden. Die Gewässeranschlusskarte des Kantons wurde in diesen Ansatz integriert.

Im Jahr 2010 wurde die damalige kantonale Erosionsgefährdungskarte für den gesamten Kanton BL neu modelliert (Mosimann und Burg 2010). Als Grundlage dienten Auswertungen der Anteile der angebauten Ackerkulturen für alle Gemeinden (Bezugsjahr 2008) sowie ein Expertenworkshop am Ebenrain-Zentrum für Landwirtschaft, Natur und Ernährung. In dessen Rahmen wurde die aktuelle Situation bei der Bewirtschaftung anhand der kantonsspezifischen Daten regional differenziert und eingestuft. Anhand dieser Daten konnten entsprechend sämtliche Faktoren für die RUSLE ermittelt werden. Diese sind in Mosimann (2015) gesamthaft aufgeführt. Da bei der nationalen Erosionsrisikokarte des Bundesamts für Landwirtschaft (ERK2) für die Ermittlung der sogenannten C-und P-Faktoren (C = Fruchtfolge- und Bodenbearbeitungsfaktor, P = Faktor für die Bearbeitungsrichtung am Hang und die Rauigkeit der Ackeroberfläche) die zur Verfügung stehenden kantonalen Datensätze in sehr heterogener Qualität und räumlicher Auflösung vorliegen, soll an dieser Stelle der kantonale Ansatz BL kurz näher erläutert werden.

Für den C-Faktor wurden Häufigkeitsverteilungen errechnet, so dass das gesamte Spektrum gut bekannt war. In BL liegen die Werte des C-Faktors zwischen 0.02 bis 0.3 (Mosimann 2013). Für den P-Faktor wurden entsprechend den Ergebnissen eines Erosionsmonitorings von Mosimann (2003) annähernd quer zum Hang verlaufende Bodenbearbeitung angenommen. Im Leimental wurde zusätzlich ein Korrekturfaktor von 0.8 für die Lössböden mit eingerechnet, um eine Überschätzung der Abtragsmengen zu vermeiden. Trotzdem weisen die absoluten Abtragsmengen wegen verschiedener Vereinfachungen im Modell Fehlergrenzen von mindestens 20-30 % auf und müssen vorsichtig interpretiert werden (Mosimann 2015).

Entsprechend der oben genannten Anpassungen kantonaler Eigenschaften und Korrekturfaktoren kann die Bewertung durch die kantonale Erosionsrisiko- und Gewässeranschlusskarte somit von der Erosionsrisikokarte des Bundesamts für Landwirtschaft (ERK2) abweichen, da diese zum Zeitpunkt der Erhebung der Daten noch auf der 'potenziellen' Erosion basierte². Eine genaue Beschreibung der derzeitigen Aktualisierung der Bundes-ERK2 für die schweizweite Anwendung ist in Bircher et al. (2019) zu finden.

Für den Vergleich des Erosionsrisikos auf Parzellenebene mit den anderen Ansätzen wurde bei der kombinierten Bewertung durch die kantonale Erosionsrisikokarte und der Gewässeranschlusskarte der gesamten Parzelle das höhere Risiko zugeteilt, wenn mehr als 25% der Fläche ein hohes Risiko aufwies.

2.3.5. Referenzkarte

Für die Beurteilung der Aussagequalität der oben beschriebenen Ansätze wurde eine Referenzkarte anhand regelmässiger jährlicher Kartierungsarbeiten in den Jahren 2013-2018 (ohne 2015) im Untersuchungsgebiet erstellt.

Die Kartierungen wurden jeweils im April eines jeden Jahres durchgeführt, als der Boden noch wenig bedeckt und Erosionspuren der generell eher regenreichen Herbst- und Wintermonate gut sichtbar waren. Im Jahr 2015 fand aus personellen Gründen keine Kartierung statt, entsprechend ist besagtes Jahr nicht in die Referenzkarte mitberücksichtigt. Somit wurde jede Parzelle in insgesamt fünf Jahren kartiert.

² Seit Januar 2020 ist ein ergänzendes Tool zur ERK2 der Schweiz von Seiten des Bundes aufgeschaltet, welches das Ergebnis des CP-Faktor-Rechners mit dem potentiellen Erosionsrisiko der ERK2 der Schweiz im GIS verknüpft, so dass nun auch dort das aktuelle Erosionsrisiko für jede Ackerparzelle berechnet und grafisch dargestellt werden. Dieses Tool steht derzeit als Prototyp/Betaversion zur Verfügung und wird noch weitere Anpassungen erfahren. Die Ergebnisse sind mit denen der Erosionsrisikokarte des Kanton BL aber grundsätzlich vergleichbar (pers. Kommunikation mit dem Urheber der Bundes-ERK2/GAK, V. Prasuhn, Agroscope)

Bei der Kartierung wurden Spuren von oberflächlichem Abfluss wie Verschlämmung, Erosionsrillen, direkte Abflusswege ins Oberflächengewässer sowie vernässte Stellen (Einfluss von Stau- oder Grundwasser) aufgenommen. Zudem wurden fehlende Pufferstreifen und offene Entwässerungsschächte/Mannslöcher kartiert. Letztere liegen meist an Feldrändern und/oder auf Wegen.

Das PSM-Austragsrisiko wurde für jedes einzelne der insgesamt 5 Kartierungsjahre anhand eines Punktesystems der nachfolgenden Kriterien bewertet:

- Oberflächlicher Abfluss = Verschlämmung, Erosionsrillen
- Abfluss via Strassenentwässerung
- Drainage vorhanden (einmalig mit bestehendem Kartenmaterial aufgenommen)
- Feldabfluss direkt ins Oberflächengewässer.

Es muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass wegen der hohen zeitlichen und räumlichen Variabilität von Bodenerosion die verwendete Dauer von 5 Jahren verhältnismässig kurz zu vergleichbaren Zeitreihen von Kartierungen ist. Somit bietet der vorliegende Bewertungsansatz nur eine eingeschränkte Vergleichsmöglichkeit Eine detaillierte Beschreibung zu längeren Zeitreihen und deren Interpretation sind in Prasuhn (2020) aufgeführt.

Traten eines oder mehrere der aufgeführten Ereignisse in einem Jahr ein, so wurde pro Ereignis und Jahr ein Punkt vergeben. Somit wurden pro Parzelle maximal 20 Punkte vergeben. Anschliessend wurde das Risiko wie in Tabelle 9 entsprechend der resultierenden Punktezahl klassifiziert.

-	
Anzahl Punkte	Risikoklasse
<4 Punkte	sehr gering
4-7 Punkte	gering
8-11 Punkte	mittel
12-15 Punkte	hoch
>15 Punkte	sehr hoch

Tab 9 Bewertungsschema der 5-Jahres-Kartierungen

3. Resultate

3.1. Zeitlicher Aufwand und Arbeitsschritte

Die unterschiedlichen Ausgangssituationen und Zielsetzungen bei der Entwicklung der Modellansätze spiegelt sich in der Komplexität der Anwendung und dem damit verbundenen zeitlichen Aufwand wieder. Einen Überblick über den Zeitaufwand pro Arbeitsschritt des jeweiligen Modellansatzes geben die Tabellen 6 bis 9. Die Stunden beziehen sich hierbei auf den zeitlichen Gesamtaufwand aller bewerteten Flächen im Einzugsgebiet.

Die Ergebnisse zeigen, dass der grösste zeitliche Aufwand mit 100 Stunden für alle bewerteten Flächen im Untersuchungsgebiet (78 Flächen, 107 ha) bei der Win4-Methode anfällt, gefolgt von Noll mit 60 Stunden. Der mit Abstand geringste zeitliche Aufwand musste für die Anwendung der kERK/GAK BL mit lediglich 5 Stunden aufgebracht werden. Für TOPPS wurden 40 Stunden für alle bewerteten Flächen im Untersuchungsgebiet benötigt.

Tabelle 6 Übersicht zu Arbeitsschritten und deren gesamtzeitlichen Aufwand im Ansatz nach Noll für alle bewerteten Flächen im Untersuchungsgebiet (78 Flächen, 107 ha).

Arbeitsschritte	Output	Zeitaufwand in Stunden
GIS Daten beschaffen	Digitales Geländemodell Gewässeranschlusskarte (optional) Parzellenplan Schlagkartei (LAWIS³)	15
statische Faktoren beurteilen	Karte statische Faktoren	15
dynamische Faktoren beurteilen inkl. Feldbegehung	Karte dynamische Faktoren	20
Verknüpfung statischer und dynamischer Faktoren	Gesamtrisiko Karte	10
Insgesamt		60

³ Datenbank des landwirtschaftlichen Informationssystems

Tabelle 7 Übersicht zu Arbeitsschritten und deren zeitlichen Aufwand im Ansatz nach WIN4 für alle bewerteten Flächen im Untersuchungsgebiet (78 Flächen, 107 ha).

Arbeitsschritte	Output	Zeitaufwand in Stunden
GIS Daten beschaffen	 Digitales Geländemodell Erosionsrisikokarte Gewässeranschlusskarte Bodenkarten Drainagen Pläne Parzellenplan Schlagkartei (LAWIS ¹) 	20
Standortfaktoren beurteilen - PSM Quellen - PSM Transport - Anschluss Gewässer	Eintragsrisikokarte (worst-case) ³	20
Vorbereitung Interview Betriebsleiter und Feldbegehung	Parzellenpläne und Kartenmaterial für einzelne Betriebe, Interviewbögen	15
Interview und Feldbegehung (6 Betriebe) ²	Information zu landwirtschaftlicher Praxis und ergriffene Massnahmen	20
Situationsschreiben und Auswertung Bewirtschaftung	Korrigierte und vervollständigte Karte (Realistisches Potenzial) ³	25
Insgesamt		100

¹ Datenbank des landwirtschaftlichen Informationssystems

² Gemäss Tabelle 6.X im Anhang ³ Im Vorfeld wird von den Standortfaktoren eine Risikoeinschätzung (worst-case Szenario) vorgenommen, die anschliessenden mit dem Landwirt und im Feld überprüft wird (realistisches Eintragspotenzial).

Tabelle 8 Übersicht zu Arbeitsschritten und deren zeitlichen Aufwand im Ansatz nach <u>TOPPS</u> für alle bewerteten Flächen im Untersuchungsgebiet (78 Flächen, 107 ha).

Arbeitsschritte	Output	Zeitaufwand in Stunden	
GIS-Daten beschaffen	Digitales GeländemodellBodenkarteDrainagen PläneParzellenplan	10	
Feldbegehung	Kartierung und Risikobewertung der Flächen im Feld	25	
Auswertung/Bewertung	InfiltrationshemmungSättigungsaustragKonz. Run-offDrainierte Flächen	5	
Insgesamt		40	

Tabelle 9 Übersicht zu Arbeitsschritten und deren zeitlichen Aufwand bei der kantonalen Erosionsrisikokarte und Gewässeranschlusskarte BL (kERK/GAK) für alle bewerteten Flächen im Untersuchungsgebiet (78 Flächen, 107 ha).

Arbeitsschritte	Output	Zeitaufwand in Stunden
GIS-Daten beschaffen	- ⁴ kERK/GAK - Parzellenplan	5
Feldbegehung	entfällt	0
Auswertung/Bewertung	entfällt	0
Insgesamt		5

3.2. Risikobewertung der jeweiligen Modellansätze

3.2.1. Modellansatz nach Noll

Die Flächenbewertung nach dem Ansatz von Noll ergab, dass 2 Flächen (3 %) ein sehr hohes Risiko sowie 24 Flächen (33 %) ein hohes Risiko aufwiesen. Kein Risiko hingegen fand sich bei 25 Flächen (34 %), während 22 Flächen (30 %) ein mittleres Risiko zeigten. Flächen mit geringem Risiko wurden nicht nachgewiesen. Eine kartographische Übersicht der Ergebnisse findet sich in Abb. 2.

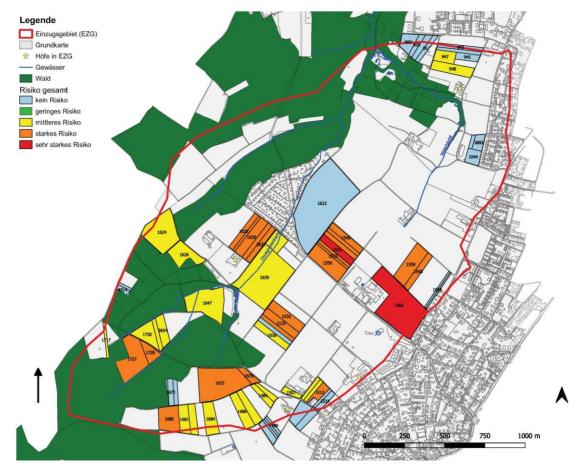


Abbildung 2 Noll – Bewertung des Gesamtrisikos eines Pflanzenschutzmittel-Transfers durch Oberflächenabfluss.

3.2.2. Win4

Die Flächenbewertung nach dem Ansatz von Win4 ergab, dass 4 Flächen (5 %) ein sehr hohes Risiko sowie 5 Flächen (7 %) ein hohes Risiko aufwiesen. Kein oder nur ein geringes Risiko hingegen fanden sich bei 21 bzw. 28 Flächen (29 % bzw. 38 %). 16 Flächen (22 %) wiesen ein mittleres Risiko auf. Eine kartographische Übersicht der Ergebnisse findet sich in Abb. 3.

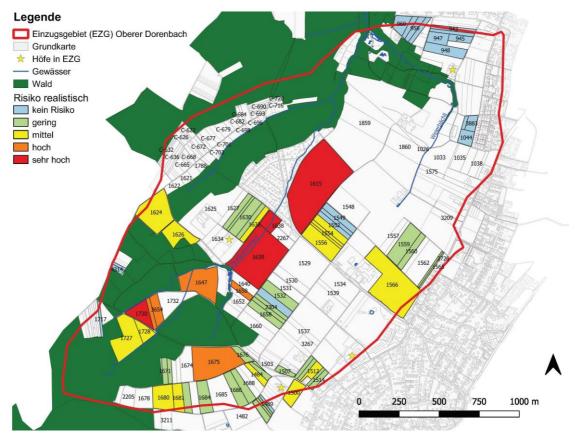


Abbildung 3 WIN4 – Bewertung des realistischen Eintragsrisikos von Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässer.

3.2.3. TOPPS

Die Flächenbewertung nach dem Ansatz von TOPPS unter Berücksichtigung des Parameters «Drainagen» ergab, dass 54 Flächen (74 %) ein hohes Risiko sowie 17 Flächen (23 %) ein mittleres Risiko aufwiesen. Für 2 Flächen (3 %) wurde ein sehr geringes Risiko festgestellt. Flächen mit einem geringen Risiko wurden nicht nachgewiesen.

Es muss erwähnt werden, dass der Ansatz nach TOPPS einer Fläche, die Drainagen aufweist, generell ein hohes Risiko zuweist. Entsprechend fällt dem Risikofaktor «Drainagen» ein überdurchschnittlich starkes Gewicht zu, insbesondere unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten im Einzugsgebiet des Ressourcenprojekts Leimental. Das Einzugsgebiet zeichnet sich durch sehr tiefliegende Drainagen (bis 1-1.5 m Tiefe) in lösshaltigen Böden aus. Die Annahme für die Risikobewertung nach TOPPS basiert dagegen auf der Annahme, dass Drainagen in derartigen Tiefen nur in Böden mit hoher Permeabilität vorgefunden werden, beziehungsweise, dass in lösshaltigen Böden aufgrund der geringen Permeabilität die Drainagen in Tiefen von nur 50-75 cm auftreten (TOPPS 2018).

Entsprechend wird ihre Bedeutung für den Austrag von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässern auf den untersuchten Flächen wesentlich geringer eingeschätzt als dies durch das TOPPS-Bewertungstool der Fall ist. In Folge dessen wurde der Ansatz nach TOPPS für einen Vergleich nochmals ohne Berücksichtigung von Drainagen ermittelt.

Dieser Ansatz ergab, dass 29 (40 %) Flächen ein hohes Risiko aufweisen, 42 Flächen (58 %) ein mittleres Risiko und 2 Flächen (3 %) ein sehr geringes Risiko. Flächen mit geringem Risiko wurden nicht nachgewiesen. Der direkte Vergleich zeigt somit auf, dass im TOPPS-Ansatz die Berücksichtigung der Drainagen bei 25 Flächen zu einer Einstufung in eine höhere Risikoklasse geführt hat (siehe hierzu auch Tab. 10).

Eine kartographische Übersicht der Ergebnisse findet sich in Abb. 4 und Abb. 5.

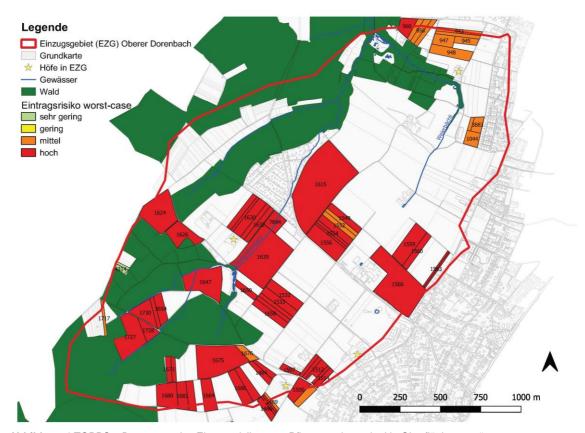


Abbildung 4 TOPPS – Bewertung des Eintragsrisikos von Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässer unter Berücksichtigung von Drainagen.

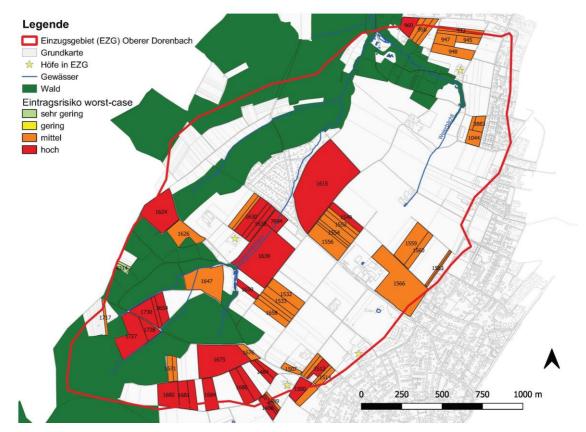


Abbildung 5 TOPPS – Bewertung des Eintragsrisikos von Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässer unter Ausschluss von Drainagen.

3.2.4. Erosionsrisikokarte des Kanton Basel-Landschaft

Die Flächenbewertung anhand der Erosionsrisikokarte auf kantonaler Ebene ergab, dass 6 Flächen (8 %) ein hohes Risiko aufwiesen. Ein mittleres Risiko fanden sich bei 26 Flächen, während 42 Flächen ein geringes Risiko aufwiesen (36 % bzw. 58 %).

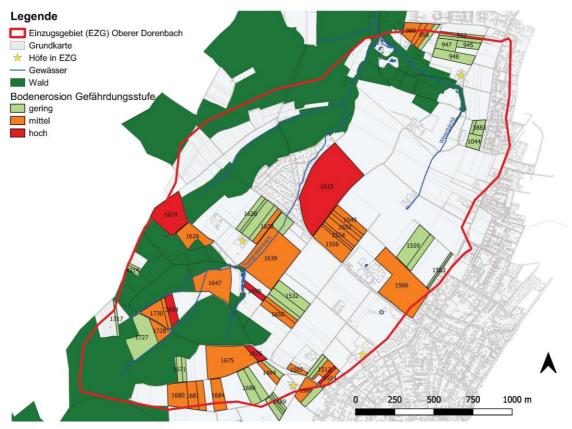


Abbildung 6 Erosionsrisikokarte des Kanton BL – Bewertung des PSM-Transferrisikos anhand der aktuellen Bodenerosionsgefährdung.

3.2.5. Referenzkarte

Die Flächenbewertung anhand der Referenzkarte basierend auf Feldkartierungsdaten ergab, dass 0 Flächen sehr hohes Risiko sowie 4 Flächen (5 %) ein hohes Risiko aufwiesen. Kein oder nur ein geringes Risiko hingegen fanden sich bei 26 bzw. 27 Flächen (36 % bzw. 37 %). 17 Flächen (23 %) wiesen ein mittleres Risiko auf.

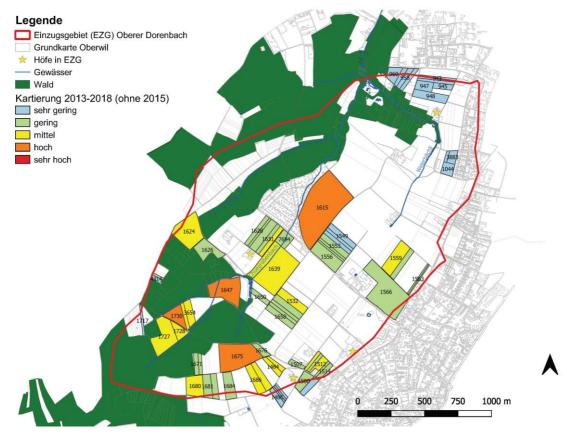


Abbildung 6 Referenzkarte – Darstellung der Auswertungen aus den Kartierungsarbeiten für den Zeitraum 2014-2019.

3.2.6. Direkter Vergleich zwischen den Modellansätzen

Eine vergleichende Bewertung zwischen den einzelnen Modellansätzen findet sich in Tabelle 10.

Tabelle 10 Einzelvergleich der Ansätze zueinander. Es wurden insgesamt 73 Flächen bewertet. Angegeben ist die Anzahl der Flächen, die ausgehend vom jeweiligen Basismodel mit einem gleichen Risiko (=), einem höheren Risiko (+) und mit einem geringeren Risiko (-) zum Vergleichsmodel bewertetet wurden. Da die Modellansätze unterschiedlich viel Unterteilungen der Risikoklassen aufweisen, wurden für einen Vergleich drei zusammenfassende Kategorien gebildet: «gering» = alle Risikoklassen der Kategorie «kein Risiko, «sehr geringes Risiko», «geringes Risiko»; «mittel» = alle Risikoklassen der Kategorie «mittel»; «hoch» = alle Risikoklassen der Kategorie «hoch» und «sehr hoch».

Vergleich	Noll	Win4	TOPPS mit Drainage	TOPPS ohne Drainage	Kantonale Erosions-	Referenz- karte
Basis			Diamage	Diamage	risikokarte	Kaite
Noll						
Win4	= 30 (41%)					
	+7 (10%)					
	- 36 (49 %)					
TOPPS mit Drainage	= 28 (38 %)	= 11 (15 %)				
	+ 42 (58 %)	+ 62 (85 %)				
	-3 (4%)	-0 (0%)				
TOPPS ohne Drainage	= 22 (30 %)	= 16 (22 %)	= 48 (66 %)			
	+ 36 (49 %)	+ 56 (77 %)	+ 25 (34 %)			
	- 15 (21 %)	-1 (1%)	-0 (0%)			
Kantonale Erosions- risikokarte	= 31 (42 %)	= 51 (70 %)	= 11 (15 %)	= 21 (29 %)		
	+9 (12%)	+ 15 (21 %)	+1 (1%)	+ 2 (3 %)		
	- 33 (45 %)	- 7 (10 %)	- 61 (84 %)	- 50 (68 %)		
Referenzkarte	= 34 (47 %)	= 55 (75 %)	= 6 (8 %)	= 9 (12 %)	= 39 (53 %)	
	+3 (4%)	+6 (8%)	+0 (0%)	+1 (1%)	+ 10 (14 %)	
	- 36 (49 %)	- 12 (16 %)	- 67 (92 %)	- 63 (86 %)	- 24 (33 %)	

4. Diskussion

Die Ergebnisse zum Vergleich der verschiedenen Bewertungssysteme weist deutliche Unterschiede auf. Dies zeigt sich nicht nur in den Analysen und Risikoklassifizierungen der einzelnen Flächen, sondern auch in den abweichenden Detaillierungsgraden der einfliessenden Daten sowie in dem zeitlichen Aufwand für das jeweilige Modell (siehe hierzu auch Abb. 7).

Die grössten Abweichungen zwischen den Einstufungen der Risikopotentiale finden sich beim TOPPS Ansatz unter Berücksichtigung der Drainagen. Bei einem Grossteil der Flächen (zwischen 58 und 92 %) wird hier stets eine höhere Risikoeinstufung gegenüber den anderen Bewertungssystemen festgestellt. Im Gegensatz hierzu haben kERK/GAK, Noll und WIN4 nur vereinzelte Flächen mit einem hohen bis sehr hohen Risiko beurteilt, während die restlichen Flächen ein geringes bis mittleres Risiko aufzeigen. Zudem ist bei Noll ein eher moderates Muster im Vergleich zu den anderen Modellen festzustellen: 30-47 % aller bewerteten Flächen weisen ein übereinstimmendes Risikopotential mit den anderen Verfahren auf.

Ein wichtiger Grund für die unterschiedlichen Tendenzen der Modellansätze findet sich unter anderem in der unterschiedlichen Wertezuweisung eines Bewertungsschrittes. Wird beispielsweise bei Noll einem der statischen oder dynamischen Faktoren der Wert Null zugeordnet, entfallen alle weiteren Faktoren, d.h. die Parzelle wird automatisch mit Null bewertet und die Parzelle ohne Risiko ausgewiesen. Bei TOPPS hingegen werden innerhalb der einzelnen Dashboards stets alle Faktoren einzeln ausgewiesen und dann nach dem «worst-case» Szenario bewertet. Somit wird eine Parzelle schlussendlich dem höchstmöglichen Risiko zugeordnet. Hieraus resultieren bei TOPPS

überdurchschnittlich viele Parzellen mit einem höheren Risiko im Vergleich zu Noll, während die Evaluation bei Noll im Gesamtvergleich über alle Bewertungsansätze eher moderat ausfällt.

Auffällig ist, dass im Vergleich der Referenzkarte zu den anderen Verfahren TOPPS eine mit Abstand geringere Übereinstimmung (8 % bei Berücksichtigung der Drainagen, 9 % ohne Berücksichtigung der Drainagen) aufweist als die anderen Verfahren (47-75 %). Dies ist darauf zurückzuführen, dass TOPPS in der Bewertung hydrologische Teileinzugsgebiete berücksichtigt und nicht für parzellenscharfe Bewertungen entwickelt wurde. Das bedeutet, dass TOPPS mehrere Parzellen am gleichen Hang als eine Fläche bewertet. Wird also im unteren Hang auf einer oder wenigen Parzellen ein hohes Risiko festgestellt, wird unter Berücksichtigung der Transferrisiken die gesamte Fläche und somit allen Parzellen dasselbe Risiko zugewiesen. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass das TOPPS Verfahren für die Landwirtschaft der EU-Mitgliedsländer entwickelt worden ist, in der grossflächigere Parzellen vorherrschen. Bei der kERK/GAK, Noll und Win4 sind dahingegen aus und für die kleinräumigen Schweizer Gegebenheiten entwickelt worden. Zwar werden auch bei Noll und Win4 Transfer-Risiken berücksichtigt, dies jedoch auf Parzellenebene. Somit erhalten die umliegenden Parzellen keine höhere Risikozuordnung.

Des Weiteren nimmt beim TOPPS Ansatz im Vergleich zu den anderen Verfahren die Wertzuweisung für den Faktor «Drainagen» eine zentrale Rolle in der Risikoeinstufung ein. Diese basiert bei TOPPS auf der Annahme, dass Drainagen in lösshaltigen Böden aufgrund der geringen Permeabilität in Tiefen von maximal 75 cm auftreten und nur in Böden mit hoher Permeabilität in deutlich tieferen Lagen von 1.20 bis zu 1.50 m vorkommen (TOPPS 2018). Das Einzugsgebiet des Ressourcenprojekts Leimental weist jedoch ein verhältnismässig tiefliegendes Drainagesystem in 1-1.5 m Tiefe in lösshaltigen Böden mit niedriger Permeabilität auf. Zudem ist die Infiltrationsrate auf vielen Flächen verringert, da diese Lössböden aufgrund fehlender Oberflächenbedeckung und geringem organischem Material im Oberboden zu Verkrustungen neigen, wodurch verstärkter Oberflächenabfluss entsteht, und damit die Drainagen weniger Wasser führen. Da das Einzugsgebiet ein recht weitläufig Drainagesystem vorweist, fällt dem Risikofaktor «Drainagen» bei der Risikoeinstufung potentieller PSM-Austräge nach TOPPS ein entsprechend überdurchschnittlich starkes Gewicht zu, welches die hohe Risikoeinstufung bei TOPPS gegenüber den anderen Systemen untermauert.

Neben der unterschiedlichen Wertzuweisung eines Bewertungsschrittes in den jeweiligen Modellansätzen spielt zu einem gewissen Anteil auch der Umfang und Detaillierungsgrad der in einen Modellansatz einfliessenden Daten eine wichtige Rolle. Dies ist jedoch nicht immer klar abzugrenzen. Vergleicht man beispielsweise das verhältnismässig detailspezifische TOPPS Ansatz mit dem auf Basisinformationen beruhenden Verfahren der Erosionsrisikokarte (kERK/GAK) oder mit der auf einfachen Feldbeobachtung aufbauenden Referenzkarte, so weisen lediglich 8 bzw. 15 % der bewerteten Flächen eine gleiche Risikoeinstufung auf. Im Gegensatz hierzu zeigt die Win4-Methode, welche als das insgesamt zeitaufwendigste und datenintensivste Verfahren einzustufen ist (siehe hierzu auch Tab. 7 und 8), eine sehr starke Übereinstimmung mit den einfachen Verfahren der kERK/GAK (51 Flächen, 70 %) und der Referenzkarte (55 Flächen, 75 %). Ebenso lässt sich eine erhöhte Übereinstimmung zwischen der Methode nach Noll und dem Win4-Ansatz feststellen (41 %). Die Übereinstimmung der kERK/GAK sowie der Methode nach Noll mit dem Win4-Ansatz ist im Wesentlichen auf die Tatsache zurückzuführen, dass Win4 zu einem späteren Zeitpunkt entwickelt worden ist und zum Ziel hatte, die bestehenden Methoden zu berücksichtigen und auf diesen aufzubauen. Entsprechend wurden die beiden Methoden im Evaluationsverfahren bei Win4 entweder vollständig (kERK/GAK) oder zumindest bezüglich spezifischer Faktorabgrenzungen (Noll) integriert, so dass eine Deckungsgleichheit aufgrund vergleichbarer Bewertungskriterien besteht.

Am Vergleich der Methodik nach TOPPS und Win4 zeigt sich, dass eine Zunahme an Informationsumfang sowie -genauigkeit auch ohne inhaltliche Überschneidung einen deutlichen Einfluss auf die Risikobewertung nehmen kann. Der direkte Vergleich der beiden Verfahren ergab, dass bis zu 85 % der Parzellen in der TOPPS-Bewertung einer höheren Risikostufe zugeordnet wurden als bei Win4. Dies erklärt sich damit, dass im Gegensatz zu Noll beim Modellansatz Win4 bereits vom Landwirt umgesetzte Massnahmen oder lokale Gegebenheiten im Feld berücksichtigt werden. So fliessen ergänzende Faktoren wie Pufferstreifen und Bearbeitungsrichtung ebenso wie reduzierte Bodenbearbeitung oder Untersaaten in die Bewertung mit ein. Diese können eine zusätzliche Minderung bei der Zuordnung der Risikoklassen bewirken, wodurch im TOPPS Ansatz mehr Flächen mit einem höheren Risiko bewertet werden. Bei TOPPS geht man immer vom «worst-case-Szenario»

aus und weist diesem am Ende risikomindernde Massnahmen zu, unabhängig davon, ob diese bereits umgesetzt wurden oder nicht.

Welches der verschiedenen Modelle für eine Erosionsrisikobewertung am ehesten geeignet ist, hängt somit schlussendlich von den spezifischen Zielsetzungen sowie Anforderungen bzw. den Voraussetzungen vor Ort ab. Dies soll in der individuellen Modellbetrachtung näher diskutiert werden:

Referenzkarte

Die Referenzkarte resultierte aus dem Versuch, auf einfache und schnelle Weise eine möglichst reale Situationsbeschreibung auf den einzelnen Parzellen zu erfassen, diese einheitlich zu analysieren und die Erhebungen mit den anderen Systemen vergleichbar bewerten zu können. Entsprechend wurde bei der Feldbegehung auf die Integration bestehender Datenbanken verzichtet, es gibt keine geteilten Basisinformationen wie beispielsweise eine Vorevaluation im Rahmen der kERK/GAK oder von Bodenparametern. Vielmehr basiert die Bewertung ausschliesslich auf regelmässigen Beobachtungen aller Parzellen. Es werden somit weniger Prognosen oder Modellierungen miteinander verglichen, sondern vielmehr geprüft, inwieweit die in den anderen Ansätzen hergeleiteten Risiken mit der realen Situation übereinstimmen. Unterschiede zwischen den einzelnen Methoden und der Referenzkarte stammen möglicherweise daher, dass die Drainagen als ein Eintragspfad unterschiedlich berücksichtigt werden. Während bei Noll und der kERK/GAK die Drainagen gar nicht berücksichtigt werden, haben drainierte Flächen bei Win4 ein mittleres Risiko und bei TOPPS ein hohes Risiko erhalten. Auch die vergleichsweise kurze Kartierungsdauer von 5 Jahren für die Referenzkarte könnte hier einen möglichen Einfluss darstellen (siehe hierzu auch Kap. 2.3.5).

Für die Bewertung und Erstellung der 5-Jahres-Referenzkarte wurden Drainagen ebenfalls mitaufgenommen, weil bekannt ist, dass PSM via Drainagen in die Gewässer gelangen können. Zwar sind die relevanten einflussnehmenden Faktoren weitestgehend bekannt (siehe Kobierska et al. 2020), jedoch sind aufgrund der vielseitigen Wechselwirkungen zwischen den Faktoren qualitative wie auch quantitative Prognosen zum potentiellen PSM-Austrag bisher nur sehr eingeschränkt möglich.

Die kantonale Erosionsrisikokarte (kERK) und Gewässeranschlusskarte (GAK) BL

Die Entwicklung von kERK und GAK hatte zum Ziel, der Landwirtschaft und den Behörden ein Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen, welches diejenigen Flächen aufzeigt, in denen bei nicht standortgerechter Bewirtschaftung mit einer erheblichen Gefahr für Stoffeinträge in Gewässer gerechnet werden muss. Dazu werden Relief-, Boden- und Klimaparameter zur potentiellen Erosionsgefährdung GIS-basiert verrechnet. Für die GAK wird die kERK mit dem Gewässernetz (inklusive entwässerte Strassen und Tiefenlinien) verrechnet. Das heisst die Grundlage von kERK und GAK basiert vorwiegend auf topografischen Daten, die auf digital vorliegenden Grundinformationen beruhen. Dabei wird bei der Risikoanalyse für die oberflächliche Abflussbildung die Konnektivität zum nächsten Gewässer (d.h. indirekte Gewässeranbindung durch entwässerte Strassen, Schächte, Sauberwasserleitungen) mitberücksichtigt. Sind die Anschlüsse aufgrund mangelnder Kenntnisse von Schächten und Verbindungsleitungen nicht vollständig bekannt, kann dies jedoch dazu führen, dass Flächen mit erhöhtem Erosionspotenzial aber ohne Gewässeranschluss überschätzt werden.

Es ist an dieser Stelle anzumerken, dass zum Zeitpunkt der Erhebung der Projektdaten, die vom Kanton BL angebotene Erosionsrisikokarte gegenüber der nationalen ERK2 bereits die Informationen zu Fruchtfolgen und Bodenbearbeitungsmassnahmen enthalten hat. Um eine möglichst optimale Vergleichsmöglichkeit mit den höheren Detaillierungsgraden der anderen Verfahren zu ermöglichen, wurde somit auf die kERK zurückgegriffen. Eine vergleichbare Erweiterung für diese Bewirtschaftungsfaktoren wurde in der Zwischenzeit auch für die nationale ERK2 entwickelt und befindet sich in der Testphase.

Der Unterschied einer Bewertung mithilfe einer Erosionsrisikokarte gegenüber den anderen Ansätzen beruht vor allem darauf, dass sämtliche Arbeiten am Computer geleistet werden können, eine Feldbegehung ist nicht notwendig. Dadurch ist ein deutlich geringerer Zeitaufwand notwendig als beispielsweise bei TOPPS und Win4. Ebenfalls zu erwähnen ist, dass eine Erosionsrisikokarte eine kleinräumige Auflösung hat und somit die Parzellen einzeln bewertet werden können. Durch den

geringen Zeitbedarf zum Erstellen der Kartenindikationen bietet sich mit diesem Ansatz eine ideale Methode, um effizient eine erste Grundeinschätzung der Situation im Feld zu erhalten, sofern die betriebsspezifische Parzellenlage bekannt ist. Die Beurteilung anhand des Erosionsrisikos kann in diesem Fall aufzeigen, wo eine Feldbegehung und eine gezielte, detaillierte Risikobewertung notwendig sind.

Entscheidend ist, dass die Bewertung von Erosionsrisiko- und Gewässeranschlusskarte mit der digitalen Identifizierung bereits abgeschlossen ist, während die anderen Ansätze dies lediglich als ersten Bewertungsschritt berücksichtigen und eine anschliessende Bewertung ergänzender Faktoren vorsehen, z.B. verschiedene Bodenparameter, Anbaumethoden und Bewirtschaftungsstrategien. Der kERK/GAK Ansatz enthält diese dynamische Faktoren in Form der C- und P-Faktoren gemittelt über mehrere Jahre. Damit entspräche dies einer Erosionsrisikobewertung nach Noll, in der die jährlich ermittelten dynamischen Faktoren gemittelt werden. Bei TOPPS dienen die Erosionsrisiko- und Gewässeranschlusskarten als Ausgangsbasis, um in einem Gebiet diejenigen Parzellen zu identifizieren, die einer zielgerichtete Untersuchung der Bodenparameter bedürfen. Je nach Ergebnis der Analyse der Bodenbeschaffenheiten können anschliessend aus einem vorgefertigten Massnahmenkatalog dem Risikopotential entsprechend Optimierungsstrategien abgeleitet werden. Bei Win4 wiederum dienen die Erosionsrisiko- und Gewässeranschlusskarten als Diskussionsgrundlage für Interviews mit Landwirten, um in einem Gespräch Fehlinformationen zu korrigieren bzw. die realen Problemparzellen zu identifizieren, Lösungsansätze zu erarbeiten und konkrete Massnahmen zu diskutieren.

Das Noll-Modell

Da in der Evaluation auch die parzellenspezifischen Kulturen berücksichtigt werden, müssen beim Ansatz nach Noll die dynamischen Faktoren jedes Jahr über eine Feldbegehung neu erfasst werden. Damit ist keine längerfristige Beurteilung für die Folgejahre bei Flächenkulturen möglich. Der Grund dafür ist, dass der Modellansatz auf Obst- und Weinbau basierend entwickelt wurde. Die Flächendynamik in diesen Anbausystemen ist sehr viel geringer. Entsprechend müssen die dynamischen Faktoren in Obst- und Weinbausystemen jährlich eher nur geringfügig angepasst werden. Angewendet im Ackerbau erhöht sich dieser Aufwand enorm. Hier wäre eine Anpassung des Modellansatzes sinnvoll, indem man für Fruchtfolgen Faktoren definiert, um einem zusätzlichen Zeitaufwand entgegenzuwirken.

Der Ansatz nach Noll dient ausschliesslich als Beratungsgrundlage im Sinne einer Evaluation des Eintragsrisikos von PSM in Oberflächengewässer. Es berücksichtigt jedoch keine konkreten Massnahmen als Folge des Risikos. Dies steht im klaren Gegensatz zur Zielsetzung von Win4 und TOPPS.

Ergänzend ist bei der Noll-Methode zu erwähnen, dass zum Zeitpunkt der Modellentwicklung wenig verlässliche Daten zu den Drainagesystemen vorlagen. In Folge dessen wurde, ähnlich wie bei der ERK und GAK, nur oberflächliche Eintragspfade bei der Entwicklung berücksichtigt, ein möglicher PSM-Austrag über Drainagen ist in der Analyse ursprünglich nicht vorgesehen. Eine Einbindung der Drainagen als weiteren statischen Faktor ist derzeit in Bearbeitung (pers. Komm. Noll).

Win4

Ursprünglich sollte der Win4-Ansatz für die ganze Schweiz verwendet werden können, und es erlauben, vergleichend zwischen Parzellen den PSM-Eintrag in Gewässer qualitativ zu beschreiben. Die Entwicklung von Win4 zielte auf den Ackerbau im Schweizer Mittelland ab und verfolgte eine gesamtbetriebliche Beratungsstrategie, bei der die Massnahmen unter Berücksichtigung der Bewirtschaftungsmethoden wie auch der sozialen und wirtschaftlichen Aspekte erfolgen.

Für die Anwendung des Win4 Modells sind viele verschiedene Daten notwendig. Im vorliegenden Ressourcenprojekt lagen viele dieser Daten und Überlegungen schon vor. Häufig fehlen grossflächige Bodenkarten und Drainageplänen oder liegen in zu grossem Massstab vor. Zudem sind die Datengrundlagen je nach Kanton oder Region unterschiedlich. Entsprechend kann es sein, dass für die

Beurteilungen verschiedener Betriebe z.T. sehr unterschiedliche Datengrundlagen verwendet werden müssen, was ein einheitliches Vorgehen erschwert.

Somit eignet sich Win4 weniger für grossräumliche Untersuchungen, sondern fokussiert klar auf eine betriebsspezifische Bewertung, bei der für jede einzelne der zu evaluierenden Parzellen eine Vielzahl von ergänzenden Einflussparametern berücksichtigt wird. Im Gegensatz zu den anderen Ansätzen werden beispielsweise bei Win4 sowohl Drainagensysteme wie auch bereits umgesetzte Massnahmen wie Einarbeitung von organischem Material, bodenschonenden Bearbeitung und ein gröberes Saatbeet berücksichtigt. Letztere führen im Feld zu einer Verminderung des potenziellen Eintragsrisikos. Der positive Einfluss bereits umgesetzter Massnahmen auf das potentielle PSM-Austragsrisiko spiegelt sich auch in den Ergebnissen der Win4-Risikoklassifizierung wieder. So liegen die Risikoeinstufungen bei Win4 mit Ausnahme der Referenzkarte stets unter der Risikoeinstufung durch andere Systeme. Zwar kann nicht abschliessend geklärt werden, inwieweit diese Unterschiede tatsächlich einen realen Bezug haben, jedoch kann davon ausgegangen werden, dass mit erhöhtem Komplexitätsgrad der zu berücksichtigenden Faktoren und unter Einbezug des Betriebsleiters auch die natürlichen Gegebenheiten besser abgebildet werden können. Allerdings machen sich der besagte Detaillierungsgrad der zu evaluierenden Einflussfaktoren zusammen mit der Vorevaluation der Parzelleninformationen, den anschliessenden Interviews auf dem Betrieb sowie dem Verfassen eines stets individuell ausgerichteten Bewertungsberichts in einem deutlich höheren Zeitaufwand gegenüber allen anderen getesteten Bewertungsverfahren bemerkbar (siehe Tab. 6-9). Entsprechend wäre mit WIN4 der Aufwand für die Risikoeinschätzung von grösseren Untersuchungsgebieten mit mehreren Bewirtschaftern viel zu gross, da jede Parzelle einzeln bewertet werden muss.

TOPPS

Das Projekt TOPPS fokussierte auf die intensive Verbreitung von «Best Management Practices» und deren Ausdehnung in EU-Ländern. Es wurde im Rahmen des vorliegenden Projektes erstmalig in der Schweiz getestet.

Das Ziel bei der Entwicklung des TOPPS-Verfahrens ist es, die Komplexität der verantwortlichen Faktoren für das Entstehen von Run-off zu reduzieren und dennoch eine sachgerechte Beurteilung zu erreichen. Der Fokus liegt dabei auf der Bodenbeschaffenheit. Damit geht eine Beurteilung der Bearbeitung einher. Jedoch wird nicht explizit auf die aktuelle Flächenbearbeitung und Kultur eingegangen. Vielmehr wird eine generelle Aussage zum Erosionsrisikopotential unabhängig von der aktuellen Kultur getroffen und erst im Anschluss mögliche Massnahmen hergeleitet. Dabei basiert TOPPS nicht auf Bewertungen einzelner Parzellen, sondern es werden Flächen mit gleichen Bodenbedingungen innerhalb eines hydrologischen Teileinzugsgebiets betrachtet. Somit wird mit weniger Aufwand ein grösseres Gebiet beurteilt.

Schwierigkeiten ergeben sich jedoch im Anschluss, wenn es darum geht, anhand der flächendeckenden Risikobewertung hergeleitete Massnahmen parzellenübergreifend anzuwenden. Die in der Schweiz vorherrschenden kleinräumlichen Parzellierung bedeuten meist auch unterschiedliche Bewirtschafter mit ihre individuellen Bewirtschaftungs- und Bodenbearbeitungsstrategien. Auch werden häufig zum Einhalten der Fruchtfolge einzelne Parzellen annuell getauscht. Als Folge davon sind flächendeckende parzellenübergreifende Massnahmen mit langfristiger Wirkung nicht umsetzbar. Hinzu kommen weitere Schweiz-spezifische Gegebenheiten, die eine direkte Übertragung der TOPPS-Massnahmen erschweren können, wie beispielsweise die teilweise erheblichen Hangneigungen. Positiv zu bewerten ist, dass einige der TOPPS-Massnahmen in der Schweiz innerhalb des Direktzahlungssystems bereits verpflichtend sind. Andere Massnahmen können wiederum aufgrund der Kleinräumlichkeit nicht umgesetzt werden bzw. wären nicht wirtschaftlich.

Ansätze und deren Ansprüche und Nutzen

Basisinformationen

Erster Eindruck zur Situation Grossflächig verfügbare Daten Kontakt mit Bewirtschaftern nicht notwendig

Detaillierte Informationen

Vertiefte Bewertung Gebietskenntnisse notwendig Daten auf Betriebsebene notwendig

Ableitungen von Massnahmen

Berater-Tool Umsetzung auf Betriebs- und Teileinzugsgebiets-Ebene

- ERK/GAK
- · Statische Faktoren Noll
- · Datengrundlage für Feldbegehung TOPPS
- Datengrundlage zur Feldbegehung Win4
- · Dynamische Faktoren/ Gesamtbewertung Noll
- Kartierung/Feldbegehung TOPPS
- · Win4 Feldbegehung mit Bewirtschaftern
- Topps Massnahmenkatalog anhand Feldbegehung und Risikobewertung
- · Win4 Massnahmen und Resultate aus Feldbegehung

Abbildung 7 Graphische Darstellung der Vorgehensweisen der Ansätze sowie der damit verbundenen inhaltlichen Zusammenhänge.

Arbeitsaufwand & Datenerhebung

5. Abschliessende Bewertung

Es kann festgehalten werden, dass die Flächenbewertungen der jeweiligen Methode bei einem direkten Vergleich stark von den unterschiedlichen Gewichtungen und Detaillierungsgraden einzelner Faktoren abhängt. Bei den von den Modellansätzen verwendeten Beurteilungsfaktoren wird zwischen topographischen (Relief, Entfernung zum Gewässer/ entwässerte Entwässerungsschächte) und Bewirtschaftungs-Faktoren (Fruchtfolge, Bodenbearbeitungsverfahren und Bearbeitungsrichtung) unterschieden. Insbesondere die unterschiedliche Berücksichtigung und Bewertung Drainagen als möglicher Eintragspfad von Pflanzenschutzmitteln in von Oberflächengewässer ist von entscheidender Bedeutung. Während bei Noll und der kERK/GAK die Drainagen gar nicht berücksichtigt wurden, haben drainierte Flächen bei WIN4 tendenziell ein mittleres Risiko und bei TOPPS ein hohes Risiko erhalten. Dementsprechend wurden im TOPPS-Verfahren viele Flächen mit einem hohen Risiko bewertet.

Drainagesysteme haben einen bedeutenden Einfluss auf den Pflanzenschutzmittelaustrag im Feld und die daraus resultierenden PSM-Konzentrationen und Frachten in Oberflächengewässern. Wie von Kobierska et al. (2020) dargestellt, sind die relevanten einflussnehmenden Faktoren bekannt und einzelne Prozesse, die zu PSM-Verlusten über das Drainagesystem führen, relativ gut verstanden. Es ist allerdings nur schwer möglich, die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den Prozessen aufgrund der Heterogenität der Böden und Parameter, welche durch die Landwirtschaftsbetriebe bestimmt werden das Design des Drainagesystems, die angebauten (wie z. В. Bodenbearbeitungspraktiken und der PSM-Einsatz), den quantitativen Einfluss der einzelnen Parameter zu ermitteln. Deshalb ist es schwierig, zu diesem Zeitpunkt genauere Aussagen zum Pflanzenschutzmittelaustrag aus drainierten Flächen und dessen Einfluss auf die PSM-Konzentrationen in Oberflächengewässern zu machen. Sie sind zwar im Durchschnitt geringer als die Verluste über oberflächliche Abschwemmung (Runoff) und Erosion einzuordnen, aber höher als Verluste durch Auswaschungsprozesse (Kobierska et al. 2020).

Eine gezielte Diagnose der auf einer bestimmten Parzelle vorliegenden Einflussfaktoren und ihre Wechselwirkungen auf den PSM-Austrag im Rahmen einer Feldansprache ist derzeit jedoch nur eingeschränkt möglich und bedarf weiterführender Studien. Derzeit werden in verschiedenen Ressourcenprojekten ebenso wie im Rahmen des Schweizer Nationalen Aktionsplans verstärkt Untersuchungen durchgeführt, die sich eingehend mit den Risikopotentialen von PSM-Austrägen in

Oberflächengewässer über Drainagen auseinandersetzen (siehe z.B. Koch und Prasuhn 2020, Kobierska et al. 2020).

Mit Ausnahme der auf reiner Beobachtungsbasis ausgelegten Referenzkarte nutzen alle Ansätze die topographischen Faktoren, um ein standortabhängiges Erosionsrisiko der Flächen zu beurteilen. Der Ansatz nach Noll bewertet dafür Hangneigung und Hanglänge (Faktor Relief), sowie die Entfernung zum Gewässer mit Berücksichtigung von Landschaftselementen (Faktor Abfluss) und berechnet aus beiden Faktoren das sich daraus ergebende Risiko. Diese Methode setzt voraus, dass GIS-basierte Berechnungen anhand des Höhenmodells durchgeführt werden, um Hangneigung und Hanglänge sowie die Fliesswege zu berechnen. Win4 hingegen stütz sich auf bereits vorhandene Erosionsrisikound Gewässeranschlusskarten, welche vom Bund oder, wenn vorhanden, kantonal zur Verfügung stehen. Bei Verknüpfung der Informationen aus diesen Karten kann das PSM-Eintragsrisiko abgeschätzt werden bzw. ob Erosion im Feld stattfinden kann, oberflächlicher Abfluss aus dem Feld möglich ist oder ein Gewässeranschluss besteht. Die Informationen aus den Karten sollten mit einer Feldbegehung überprüft werden. TOPPS geht noch einen Schritt weiter und bewertet sowohl die topographischen Faktoren wie auch damit verbundene hydrologische Einflüsse direkt im Feld. Hierbei werden mit Stichproben auch die Bodenbeschaffenheiten (Bodenhorizont, Stauschichten, Bodengefüge, usw.) erfasst oder ergänzt, unabhängig von der Anbaukultur. Durch diese Einschätzung wird eine eher generelle Aussage zum Risiko unter den vorherrschenden Feldbedingungen vorgenommen. Zudem berücksichtigt die Analyse des Bodens indirekt Rückschlüsse auf die Bodenbearbeitung/ bzw. -bewirtschaftung.

Der Ansatz nach Noll und Win4 berücksichtigen nebst den topographischen Faktoren auch die Bewirtschaftungsmethoden. Auch bei den kERK/GAK-Karten gehen diese in Form der sogenannten C-und P-Faktoren bin die Bewertung mit ein. Die Aufnahme der Bewirtschaftung in die Bewertungsansätze erfolgt jedoch mit unterschiedlichen Schwerpunkten und unterschiedlichem Aufwand. Während beim Ansatz nach Noll die Anbaukulturen berücksichtigt werden und diese jährlich für alle Parzellen angepasst werden müssen, unterscheidet Win4 nur zwischen Ackerbauflächen als potenzielle PSM-Eintragsquelle und dauerhaftes Grünland als keine Eintragsquelle. Dadurch halbierte sich die Anzahl potenzieller Risiko-Flächen im vorliegenden Einzugsgebiet und die zeitaufwendige Recherche der Anbaukulturen pro Parzelle entfallen damit.

Der zeitliche Aufwand ist schlussendlich davon abhängig, ob Flächen mit ähnlichen Eigenschaften als Ganzes oder die einzelnen Parzellen betrachtet und wie viele Faktoren berücksichtigt werden. Zudem macht es einen grossen Unterschied, ob nur anhand von Karten beurteilt wurde oder ob man für die Bewertung ins Feld geht und Interviews mit Betriebsleiter führt. So sind insbesondere bei Win4 die persönlichen Interviews mit den Landwirten sowie die anschliessende betriebsspezifische Auswertung ein sehr zeitintensiver Faktor.

Nichtsdestotrotz ist ein Interview mit dem Betriebsleiter und eine anschliessende Feldbegehung jedoch für eine realistische betriebsspezifische Bewertung der Parzellen ein entscheidendes Kriterium. Die vorhandenen Karten bilden zum Teil nicht alle Elemente genügend ab. Die Lage und der Zustand von Schächten und Drainagen können im Gespräch überprüft und mit dem vorliegenden Kartenmaterial abgeglichen werden. Eigene Beobachtungen und Informationen des Betriebsleiters bezüglich Staunässe, Erosionsanfälligkeit, Verschlämmungen, usw. fliessen in die Bewertungen ein. Auch können bereits vom Landwirt umgesetzte Massnahmen berücksichtigt werden. Damit kann ein realistisches Risiko abgeleitet werden.

Als weiterer wichtiger Faktor für eine gute Einschätzung der lokalen Gegebenheiten und der Situation auf einem Betrieb erweist sich die Nutzung bestehender Informationsquellen wie der Erosionsrisikokarten, Bodenkarten, Drainagepläne und Feldkalenderdaten auch wenn diese, wie oben angedeutet, nicht immer vollständig sind. Erst dadurch ist es möglich, die Bewirtschaftung von Parzellen mit einzubeziehen und sich bereits im Vorfeld ein vollständiges Bild über das Potential von PSM-Einträgen in Oberflächengewässer zu machen. Auch können auf diesem Weg effiziente Massnahmen auf jene Parzellen fokussiert werden, die ein stark erhöhtes Risiko aufweisen. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn es sich um teure und/oder aufwändige Massnahmen handelt. Hiermit wird auch dem Ansatz von Frey et al. (2011) entsprochen, überproportional beitragenden Flächen mit zielgerichteten Massnahmen entgegenzuwirken, um den PSM-Eintrag in Oberflächengewässer verringern zu können.

6. Fazit

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Auswahl zwischen den hier vorgestellten Methoden zur Abschätzung von Erosionsrisikoflächen stark abhängig ist von den jeweiligen Zielsetzungen (betriebsspezifische oder grossflächige Bewertung? Betriebsberatung oder beispielsweise Analysen für Kommune/Gemeinde?), von den gegebenen Rahmenbedingungen (verfügbares Kartenmaterial und Skalierung? Drainagepläne?) sowie von den individuellen Ressourcen (Zeit, Erfahrungen in der Agronomie, bodenkundliche Kenntnisse, etc.).

In Folge dessen ist für das schweizweit einzusetzende, betriebsspezifische Beratertool festzustellen, dass keines der Modell-Ansätze allein die notwendigen Anforderungen erfüllen kann. Vielmehr ist das Ziel, die methodenabhängigen Vor- und Nachteile zur Effizienz und Aussagekraft abzuwägen und in einem einheitlichen Verfahren zu verknüpfen. Für diese Aufgabe spielt die vorliegende Projektarbeit eine entscheidende Rolle. Durch ihre vergleichende Analyse und Bewertung bildet sie die Grundlage, um einen einheitlichen und ressourcensparenden Bewertungsschlüssel bezüglich des Risikopotentials von PSM-Einträgen in Oberflächengewässer auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zu entwickeln. Dabei werden die zielorientierten Merkmale und Kriterien der einzelnen Modell-Ansätze kombiniert.

Die Diagnose von Abschwemmung, Erosion und dem möglichen Austrag über Drainagen für das Beratertool muss einerseits schweizweit für die unterschiedlichen Betriebstypen (Feldbau, Gemüsebau, Obstbau, Weinbau) einsetzbar sein, und andererseits auf Parzellenebene ansetzen, um betriebsspezifische Massnahmen vorschlagen zu können. Die Identifikation von potentiellen PSM-Risikoquellen muss möglichst zeiteffizient erfasst werden. Jedoch soll in bestimmten Situationen eine detaillierte, aufwendigere Betrachtung möglich sein, damit die festzulegenden Massnahmen auch eine langfristige Lösung darstellen und die betriebsspezifischen Merkmale und Entwicklungsprozesse berücksichtigen.

Welche Eigenschaften jeweils aus den verschiedenen Verfahren genutzt und wie sie gewichtet werden, wird sich im Rahmen der zur Zeit laufenden Entwicklung des Bewertungsschlüssels sowie einer damit verbundenen Testphase auf Pilotbetrieben ergeben. Die Pilotstudie wird zeigen, ob der kombinierte Bewertungsschlüssel die notwendige Praktikabilität und Aussageeffizienz aufweist, um auf Landschaftsebene problematische Parzellen identifizieren und mit Massnahmenvorschlägen die PSM-Einträge in Oberflächengewässer reduzieren zu können.

7. Danksagung

Wir danken der Konferenz der Landwirtschaftsämter der Schweiz (KOLAS) und der Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter (KVU) für die Finanzierung der Studie. Weiterhin möchten wir uns herzlich bei der Projektleitung von TOPPS (*Manfred Röttele, Volker Laabs, Jeremy Dyson*), *Dorothea Noll* (Fachhochschule Westschweiz), *Volker Prasuhn* (Agroscope Reckenholz) und *Lukas Bühler* (pom+Consulting AG) für konstruktive Anmerkungen und die Bereitstellung zusätzlicher Hintergrundinformationen zu den Modellansätzen bedanken. Wir danken *Daniel Schmutz* (AUE, Kanton BL), *Hans Ramseier* (HAFL), *Philippe Droz* (AGRIDEA) und *Urs Zimmermann* (ehemals Agroscope) für hilfreiche Diskussionen und ergänzende Unterstützung bei der Ausführung der Studie. Ein ganz besonderer Dank gilt den an der Studie beteiligten Landwirten des Ressourcenschutzprojektes Leimental des Kantons Basellandschaft für ihre äusserst wertvolle Kooperation und die offene Bereitschaft zu den Interviews, für interessante Diskussionen sowie die Möglichkeit, uns einen Einblick in ihre Arbeit und ihre Daten zu geben.

8. Literatur

AGRIDEA (2014): Platz zum Spritz- und Sprüh-Geräte füllen und waschen sowie Systeme zur Behandlung von Brühresten und Spülwasser konzipieren. Broschüre Agridea (Hrsg.), 37 S. https://www.agridea.ch/fileadmin/thematic/environnement_paysage/Dokumentation_Reinigung ssysteme_def.pdf (letztes Aufruf-Datum: 09. April 2019)

- AGRIDEA (2016): Pflanzenschutzspritzen korrekt reinigen. Merkblatt Agridea (Hrsg.), 4 S. https://www.liebegg.ch/upload/cms/user/MerkblattPflanzenschutzspritzenkorrektreinigenAGRIDEA.pdf (letztes Aufruf-Datum: 03. März 2020)
- AGRIDEA (2018): Befüllen und Reinigen der Spritze wie mache ich das richtig? Merkblatt Agridea (Hrsg.), 12 S. https://agridea.abacuscity.ch/de/A~3098/0~0~Shop/Befüllen-und-Reinigen-der-Spritze-wie-mache-ich-das-richtig (letztes Aufruf-Datum: 03. März 2020)
- Alder et al. 2013: Technisch-wissenschaftlicher Bericht zur Gewässeranschlusskarte der Erosionsrisikokarte der Schweiz (ERK2) im 2x2-Meter-Raster. Forschungsanstalt Agroscope und Universität Bern im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW).
- BAFU/BLW (2013). Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1312: 58 S.
- BASF (2014): Gewässerschutz Abstandsauflagen, Gefahrenquellen, Schutzstrategien. Top Agrar Spezial, 35 S.
- BASF (2016): Pflanzenschutz effizient, präzise, sicher. Top Agrar Spezial, 35 S.
- Bircher, P., Liniger, H., Prasuhn, V. (2019): Aktualisierung und Optimierung der Erosionsrisikokarte (ERK2). Die neue ERK2 (2019) für das Ackerland Schweiz. www.agroscope. Gewaesserschutz/erosiosrisikokarte-schweiz.pdf. (letztes Aufruf-Datum: 06. Mai 2020)
- Bühler, L., Daniel, O. (2013): Pflanzenschutzmittel-Eintrag aus ackerbaulich genutzten Parzellen in Oberflächengewässer: Analyse und Reduktionsmassnahmen auf Ebene Betrieb. Studie im Rahmen von Win4 finanziert vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) Schweiz. 52 S.
- Calvet, R., Barriuso, E., Bedos, C., Benoit, P., Charnay, M.-P., Coquet, Y. (2005): Les pesticides dans le sol Conséquences agronomiques et environnementales. Hrsg. France Agricole, Paris. 637 S.
- Daniel, O., Crole-Rees, A., Bühler, L., Geiger, F., Gujer, H.-U., Bertschinger, L. (2014): Win4 in der Landwirtschaft: Verbesserungen in den Dimensionen Ökologie, Soziales und Ökonomie. Agrarforschung Schweiz 5(2): 64–67.
- Frey, M., Konz, N., Stamm, C., Prasuhn, V. (2011): Identifizierung von Flächen, die überproportional zur Gewässerbelastung beitragen. Agrarforschung Schweiz 2(4): 156–161.
- Gisler, S., Liniger, H., Prasuhn, V. (2010): Technisch-wissenschaftlicher Bericht zur Erosionsrisikokarte der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz im 2x2-Meter-Raster (ERK2). Forschungsanstalt Agroscope und Universität Bern im Auftrag des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW), Schweiz. 47 S.
- KIP/PIOCH 2011: Pufferstreifen richtig messen und bewirtschaften. Agridea, Lindau. 8 S.
- Hani, F., Popow, G., Reinhard, H., Schwarz, A., Tanner, K., Vorlet M. (1990): Protection des plantes en production intégrée Grandes cultures. Centrale des moyens d'enseignement agricole, Zollikofen, 334 S.
- Koch, U., Prasuhn, V. (2020): Drainagekarte Schweiz Erstellung einer Karte potentiell drainierter Flächen in der Schweiz mittels «Machine Learning». Agroscope Science, 104, 2020, 1-121.
- Kobierska, F., Kasteel, R., Prasuhn, V. (2020): Losses of plant protection products via drainages in Switzerland conceptual model and mitigation measures. Agroscope, 106 S.
- Laubier, F. (2001): The diagnosis of the risk of pesticides transfer in superficial waters: the bases and the implementation of the method developed in Bretagne Region (France). Ingénieries eau agriculture territoires n° spécial: 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.

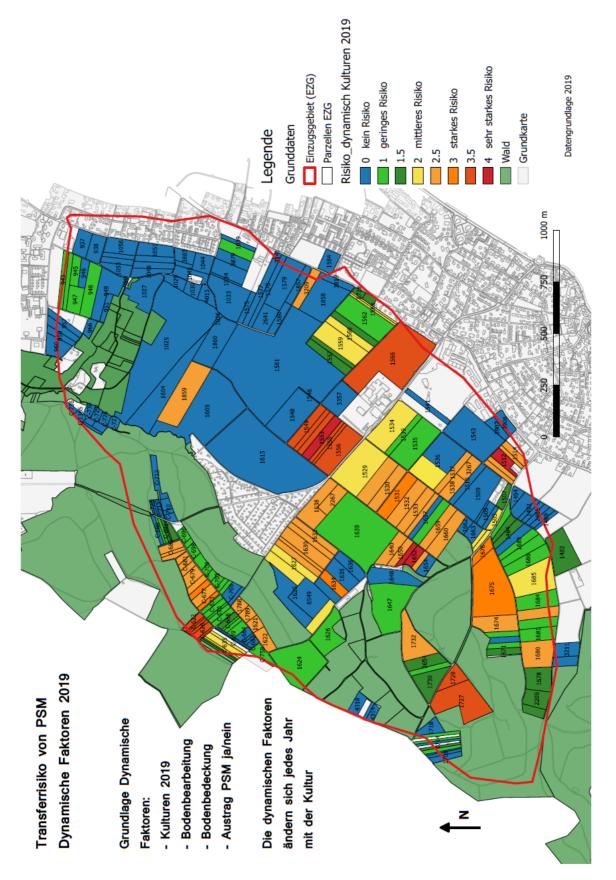
- Leu, C., Singer, H., Stamm, C., Müller, S. R., Schwarzenbach, R. P. (2004): Variability of herbicide losses from 13 fields to surface water within a small catchment after a controlled herbicide application. Environmental Science & Technology 38: 3835-3841.
- Liess, M., Schluz, R., Liess, M. H.-D., Rother, B., Kreuzig, R. (1999): Determination of insecticide contamination in agricultural headwater streams. Water Research 33(1), 239 247.
- Mosimann, T. (2013): Erosionsmonitoring im Kanton Basel-Landschaft 1982-2012. Entwicklung der Erosionsgefährdung, Schutz der Böden durch die Bewirtschaftung, Folgerungen für die Praxis. Amt für Umweltschutz und Energie des Kantons Basel-Landschaft [Hrsg], Liestal. 42 S.
- Mosimann, T. (2015): Erd-reich. Eine Reise durch die Böden des Kantons Basel-Landschaft und seine Nachbargebiete. Verlag Basel-Landschaft. ISBN 978-85673-288-2. 416 S.
- Mosimann, T.,Burg, J. (2010): Erosionsgefährdungskarte und Karte des Gewässeranschlusses von Ackerflächen für den Kanton Basel-Landschaft. Modelldokumentation. Institut für Physische Geographie und Landschaftsökologie der Leibniz Universität Hannover, Hannover. 55 S. (nicht veröffentlicht)
- Mosimann, T., Maillard, A., Musy, A., Neyroud, J.-A., Rüttimann, M., Weisskopf, P. (1991): Lutte contre l'érosion des sols cultivés. Guide pour la conservation des sols. Programme national de recherche «Utilisation du sol en Suisse», Berne-Liebefeld. 187 S.
- Mosimann, T. und Rüttimann, M. (1996): Erosion, clé d'appréciation du risque. Sols cultivés de Suisse romande. SRVA (Service de vulgarisation agricole), Lausanne. 27 S.
- Noll, D., Dakhel, N., Burgos, S. (2010): Beurteilung der Transferrisiken von Pestiziden durch Oberflächenabfluss. Agrarforschung Schweiz 1 (3): 110-117.
- Prasuhn, V. (2020): Twenty years of soil erosion on-farm measurement: Annual variation, spatial distribution and the impact of conservation programmes for soil loss rates in Switzerland. Earth Surface Processes and Landforms 45 (7): 1-16.
- Strickhof (2019): Pflanzenschutzmittel im Feldbau. Fachstellen Pflanzenschutz; BBZ Arenenberg / Strickhof, 115 S. https://www.strickhof.ch/fachwissen/pflanzenschutz/pflanzenschutzmittel/broschuere-mittelheft (letztes Aufruf-Datum: 09.04.2019).
- TOPPS (2011): Gute fachliche Praxis, besserer Gewässerschutz. Vermeiden von Gewässerverunreinigungen durch Punktquellen. TOPPS Beste Management Praxis (BMP) Handbuch, Industrieverband Agrar e. V., 52 S.
- TOPPS (2014): Gute fachliche Praxis zur Verringerung der Gewässerbelastung mit Pflanzenschutzmitteln durch Run-off und Erosion. TOPPS Beste Management Praxis (BMP) Handbuch, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Lfl), 85 S.
- TOPPS (2015-2018): http://www.topps-life.org (zuletzt abgerufen am 17. März 2020)
- TOPPS (2018): Best Management Practices to reduce water pollution with Plant Protection Products from Drainage and Leaching. TOPPS Beste Management Praxis (BMP) handbook, European Crop Protection Association E.C.P.A., 71 S.
- VKKL (2018): Verordnung über die Koordination der Kontrollen auf Landwirtschaftsbetrieben. Verordnung SR 910.15 des Schweizer Bundesrates, 31. Oktober 2018). https://www.admin.ch/opc/de/official-compilation/2018/4171.pdf (letztes Aufruf-Datum: 09.04.2019).

9. Anhang

- Anhang 1 Noll Risikokarte statische Faktoren
- Anhang 2 Noll Risikokarte –dynamische Faktoren
- Anhang 3 Win4 Aufnahmebogen für ein Interview mit dem Landwirt
- Anhang 4 Win4 Aufnahmebogen für die Feldbegehung
- Anhang 5 WIN4 Bewertungsansatz zur Bewirtschaftung Massnahmen um den PSM-Eintrag in Gewässer zu verringern (Quelle: Bühler und Daniel 2013)
- Anhang 6 WIN4 Risikokarte Standortfaktoren (worst-case Potenzial)
- Anhang 7 TOPPS Risikokarte Originalauswertung der Feldaufnahme zur Infiltrationshemmung
- Anhang 8 TOPPS Risikokarte Originalauswertung der Feldaufnahme zum Sättigungsaustrag
- Anhang 9 TOPPS Risikokarte Originalauswertung der Feldaufnahme zu Drainagen
- Anhang 10 TOPPS Risikokarte Originalauswertung der Feldaufnahme zu konzentriertem Run-off, Teil I
- Anhang 11 TOPPS Risikokarte Originalauswertung der Feldaufnahme zu konzentriertem Run-off, Teil II (Teilabschnitt 1/3)
- Anhang 12 TOPPS Risikokarte Originalauswertung der Feldaufnahme zu konzentriertem Run-off, Teil II (Teilabschnitt 2/3)
- Anhang 13 TOPPS Risikokarte Originalauswertung der Feldaufnahme zu konzentriertem Run-off, Teil II (Teilabschnitt 3/3)
- Anhang 14 Erosionsrisikokarte des Kantons BL Ausgabe des Online-Tools
- Anhang 15 Übersichtstabelle der Parzellenbewertung für die verschiedenen Modellansätze entsprechend ihrer Original-Risikoklassenzuordnung
- Anhang 15 Übersichtstabelle der Parzellenbewertung in Form der zusammengefassten Risikoklassenzuordnung für den Vergleich der verschiedenen Modellansätze

Anhang 1: Noll Risikokarte - statische Faktoren Einzugsgebiet (EZG) 2 mittleres Risiko 3 starkes Risiko 0 kein Risiko Parzellen EZG Grundkarte Risiko_statisch Grunddaten Gewässer Legende 1000 m 1581 1615 1529 Transferrisiko von PSM Dolendecken, entwäss. Strassen Grundlage Statische Faktoren: Statische Faktoren - Entfernung zu Gewässer, (Anteil sand, Ton Schluff) Die statischen Faktoren (Hecken, Grünstreifen) - Körnung des Bodens Landschaftselemente ändern sich nicht von Jahr zu Jahr - Hangneigung - Hanglänge

Anhang 2: Noll Risikokarte - dynamische Faktoren



Anhang 3: Win4 Aufnahmebogen für ein Interview mit dem Landwirt

Interview mit Betriebsleiter	Betriebsnummer: X	mer: X		
Betriebsleiter:				
Betriebsgrösse:		-	ha	
Anteil offener Ackerfläche:			ha	%
Anteil permanenter Wiese und Weiden:		1	ha	%
Anteil ökologischer Ausgleichsflächen (öAF):		-	ha	%
Angebaute Kulturen:				
Art der Bodenbearbeitung:	Pflug	pfluglos:		Bodenschonende Bearbeitung:
Tierhaltung und Futterbau:		Anzahl:		
Parzellenlage:				
öAF Typen:				
PSM-Quellen				
Bewirtschaftung:	Bio	IP-Suisse	Extensoanbau	ÖLN
PSM-Transport			-	
Vom Betriebsleiter als kritisch beurteilte PRZ:				
Verschlämmung, sichtbare Erosion, Vernässung, temporäre Teiche:	räre Teiche:			
Situation nach extrem Niederschlägen:				
Massnahmen, die schon getroffen wurden:				
Weiter Notizen:				

Anhang 4: Win4 Aufnahmebogen für die Feldbegehung

Betriebsnummer:X

Feldbegehung

art Erosionsrisiko 1) Mittleres ER, >25% der Parzelle 2) Mittleres ER, >50% der Parzelle 3) Hohes ER, >25% der Parzelle 4) Hohes ER, >50% der Parzelle 4) Staumass, GR 4 1 2 3 4 1	1) Mittleres ER, >25% der Parzelle 2) Talweg mit Infiltrationshemmung 3) Hohes ER, >25% der Parzelle 3) Oberffächeninfiltrationshemmung 4) Hohes ER, >50% der Parzelle 3) Oberffächeninfiltrationshemmung 4) Hohes ER, >50% der Parzelle 4) Staunass, Grundwasser beeinfluss 4) Hohes ER, >50% der Parzelle 4) Staunass, Grundwasser beeinfluss 4) Hohes ER, >50% der Parzelle 5) Derffächeninfiltrationshemmung 5) Hohes ER, >50% der Parzelle 7) Talweg mit Infiltrationshemmung 6) Hohes ER, >50% der Parzelle 7) Talweg mit Infiltrationshemmung 7) Talwe	1) Mittleres ER, >25% der Parzelle 2) Normal durchlässige Böden 2) Mittleres ER, >25% der Parzelle 3) Hoberflächeninfiltrationshemmung 3) Hohes ER, >56% der Parzelle 4) Staunass, Grundwasser beeinfluss 4	1) Mittleres ER, >25% der Parzelle 1) Normal durchlässige Böden 1) Mittleres ER, >50% der Parzelle 2) Talweg mit Infiltrationshemmung 3) Hohes ER, >50% der Parzelle 4) Staunass, Grundwasser beeinfluss 4	1) Mittleres ER, >25% der Parzelle 1) Normal durchlässige Böden 1) Mittleres ER, >50% der Parzelle 2) Talweg mit Infiltrationshemmung 3) Hohes ER, >50% der Parzelle 4) Staunass, Grundwasser beeinfluss 4													1 '		,					tando	Standortfaktoren	1 1			
ainage Hang: H 1) Gesättigter Run-off 1) Mittleres ER, >25% der Parzelle 2) Talweg mit Infiltrationshemmung 2) Mittleres ER, >50% der Parzelle 3) Konzentrierter Run-off 3) Hohes ER, >25% der Parzelle 3) Sonzentrierter Run-off 4) Hohes ER, >50% der Parzelle 3) Oberflächeninfiltrationshemmung 4) Drift 4) Hohes ER, >50% der Parzelle 4) Staunass, Grundwasser beeinfluss 6 1 2 3 4 1 3 4	An inage Hang: H 1) Gesättigter Run-off 1) Mittleres ER, >25% der Parzelle 2) Talweg mit Infiltrationshemmung 1) Mittleres ER, >50% der Parzelle 3) Konzentrierter Run-off 3) Hohes ER, >55% der Parzelle 3) Konzentrierter Run-off 4) Hohes ER, >50% der Parzelle 3) Oberflächeninfiltrationshemmung 4) Drift 4) Hohes ER, >50% der Parzelle 3) Oberflächeninfiltrationshemmung 4) Drift 4) Hohes ER, >50% der Parzelle 3) Oberflächeninfiltrationshemmung 4) Drift 5 3 4 1 2 3 4 1	Annage Hang: H 1) Gesättigter Run-off 2) Mittleres ER, >25% der Parzelle 2) Talweg mit Infiltrationshemmung 3) Konzentrierter Run-off 3) Hohes ER, >50% der Parzelle 3) Staunass, Grundwasser beeinfluss 5) Annage mit Infiltrationshemmung 4) Drift 4) Drift 4) Hohes ER, >50% der Parzelle 4) Staunass, Grundwasser beeinfluss 6) Annage mit Infiltrationshemmung 4) Drift 5 3 4 1 2 3 4 1 2 3 5 5 6 6 6 7 1 2 3 7 4 1 2 7 3 7 4 1 2 7 4 1 2 7 3 7 4 1 2	1 1 2 3 4 1 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 3 3 3 3 3 3 3	1) Gesätigter Run-off 1) Mitteres (R.) 20% der Parzelle 1) Normal durchlässige Böden verbunden 1) Gesätigter Run-off 2) Mitteres (R.) 20% der Parzelle 1) Normal durchlässige Böden 1) Mitteren Run-off 2) Mitteres (R.) 20% der Parzelle 1) Normal durchlässige Böden 2) Mitteres (R.) 20% der Parzelle 3) Mitteren Run-off 3) Mitteren Run-off 4) Hohes (R.) 20% der Parzelle 4) Staunass, Grundwasser beeinfluss 4	PSM-Quelle	-Quelle	e_				8	Konnektivität	ivität			Lage	PSI	M-Trar	Sport	Ħ		Erosio	nsrisiko	_			Boden	_	
Ebene: E 3) Konzentrierter Run-off 3) Hones ER, >25% der Parzelle 4) Staunass, Grundwasser beeinfluss 4) Drift 4) Hohes ER, >50% der Parzelle 4) Staunass, Grundwasser beeinfluss 5 4 1 2 3 4 1 2 3 5 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	Short Shor	Shares 3 Sha	February Sylvage-property Sylvage-property	5 1 2 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 1 3 3 4 3 3 3 3 3 3 3	1) öAF, keine Quelle 1) Durch Ba			1) Durch Ba) Durch Ba	Ba i	rrier	e abge	grenzt, l	k. Drain	_	Hang: H	1) Gesā	ttigter Ru	In-off		1) Mittle	res ER, >	25% der P	arzelle	1) Non	mal durc	chlässige	Böden	50110
6 6 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3	5 6 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3	5 6 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3			lelle	guene uelle iōgl. Quelle) drainierte Fl) drainierte S) drainierte S) Strassenent	ierte Si ierte Si	u <u>ino</u> a i ≥	iche Ike Tässerun	ig. Scha	. #	- -	Ebene: E	3) Konz 4) Drift	entrierte	r Run-off		3) Hoher 4) Hohes	s ER, >255 s ER, >509	6 der Parz	elle elle	3) Obe 4) Stat	rflächen Inass, Gr	infiltrati rundwas	onshem ser beeir	mung nflusst
2 9 4 1 5 3 4 1 5 3 4 1 5 3 4 1 5 3	5 6 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3	5 6 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 3			$\overline{}$	$\overline{}$	$\overline{}$	$\overline{}$) Direkter Gewä	ter Gewä	:00	sseran	schluss		1			Ţ	Ī								-	-	
					2 3 4 5 1 2	4 5 1	5 1	1		2	- 1	3	4	2	9		1	2	3	4	1	2	3	4		_	2	3	4
										\dashv	- 1	+	\dashv	\dashv	\dashv														
												_																	
												1																	
												\vdash																	

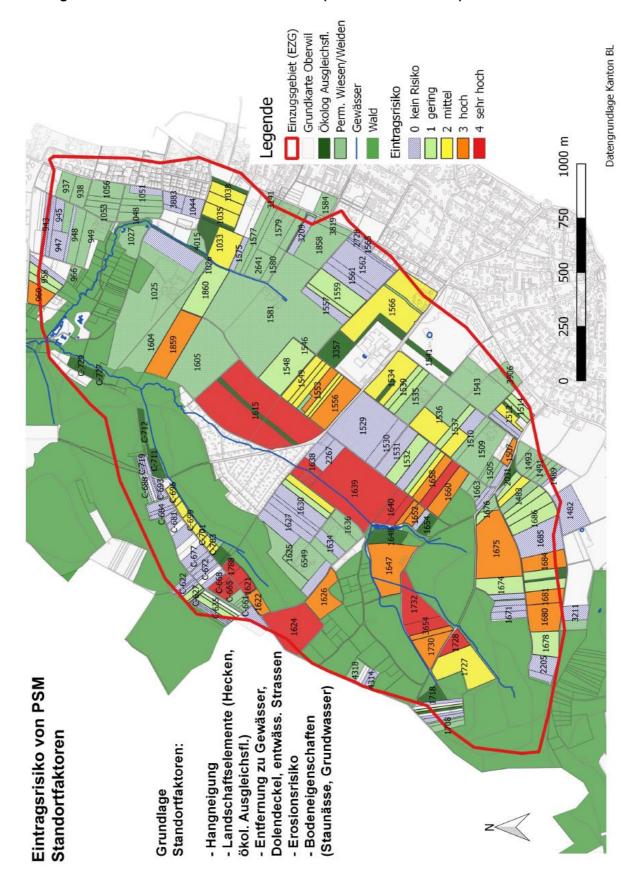
Anhang 5: WIN4 Bewertungsansatz zur Bewirtschaftung – Massnahmen um den PSM-Eintrag in Gewässer zu verringern (Quelle: Bühler und Daniel 2013)

Tabelle 3: Massnahmen um den Eintrag von PSM in Gewässer zu verringern.
Q: PSM-Quelle, T: PSM-Transport, A: Anschluss an ein Gewässer, x: ist relevant; g: gering, m: mittel, h: hoch.

Mass- nah- men- bereich	Massnahme	PS	uptfa M- trag	ktor	Wir- kung	Anwendbarkeit
00,01011		Q	Т	Α		
Pflan- zenbau	Standortangepasste Fruchtfolge, Sortenwahl. Umwandlung von wenig wertvol-	x	×		m m	immer. in Talwegen, bei Schächten.
	lem Ackerland in Grasland. Bodendeckende Kulturen, permanent.		x		m	z.B. Grünbedeckung im Obst- und Rebbau.
	Bodendeckende Kulturen, ein- oder wenigjährig.		х		g, m	z.B. Kunstwiese (KW).
	Lokal doppelte Saatreihen.		x		g	 z.B. in Talwegen; Wirkung wahrscheinlich sehr gering.
	Kontur-Anbau. Mulchen, langfristig.		x		g m	• z.B. Maisanbau.
Anwen-	Kein Einsatz chemisch- synthetischer PSM (Bio).	x			h	
PSM	Anbau Extenso.	x			h	
	Vermehrt Einsatz von Saatbei- zung und Granulaten.	×			h	bedingt moderne Geräte, damit Staubdrift gering ist.
	Produktauswahl dem Risikoprofil der PSM angepasst.	x			m	Risikoprofile nur für Nützlinge verfügbar.
Boden- bewirt-	 Pflugloser Anbau (Direktsaat, modifizierte Direktsaat). 		x		h	Nicht für alle Kulturen und nasse und drainierte Böden.
schaf- tung	Kontur-Pflügen.		x		h	 Je nach Grösse und Form der Parzelle.
	Fahrspuren beseitigen. geeignete Wahl / Begrünung der Zufahrt.		x		m m	
	Dämme im Feld.		x		m	Kartoffeln, Spargeln,
	Saatbett grob.		х		g	Kulturabhängig.
Puffer- streifen	 Puffer gegen entwässerte Stras- sen und Schächte. 			×.	m	Kunstwiese.
im Feld	öAF bei entwässerten Strassen, Schächten und Gewässern.			x	h	Bunt-, Rotationsbrachen, Ackerschonstreifen, Saum auf Ackerfläche.
	 öAF ausserhalb des Feldes gegen entwässerte Strassen, Schächte und Gewässer. 			x	h	Hecken, Feld- & Ufergehölze, Streueflächen, extensiv und wenig intensiv genutzte Wie- sen.
Struktu-	Wall, Damm.			x	m	
ren	Faszinen, Strohsocken etc.			х	m	grosser Wartungsaufwand.
aus-	Rückhaltebecken.			x		 sinnvoll, wenn schon beste-
serhalb	bepflanzte Wassergräben.			х	h	hend.
des	Feuchtgebiet / Teich.			х	h	
Feldes	Grosse, schnell fliessende Ge- wässer.			х	h	bei gut abbaubaren Wirkstof- fen.

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

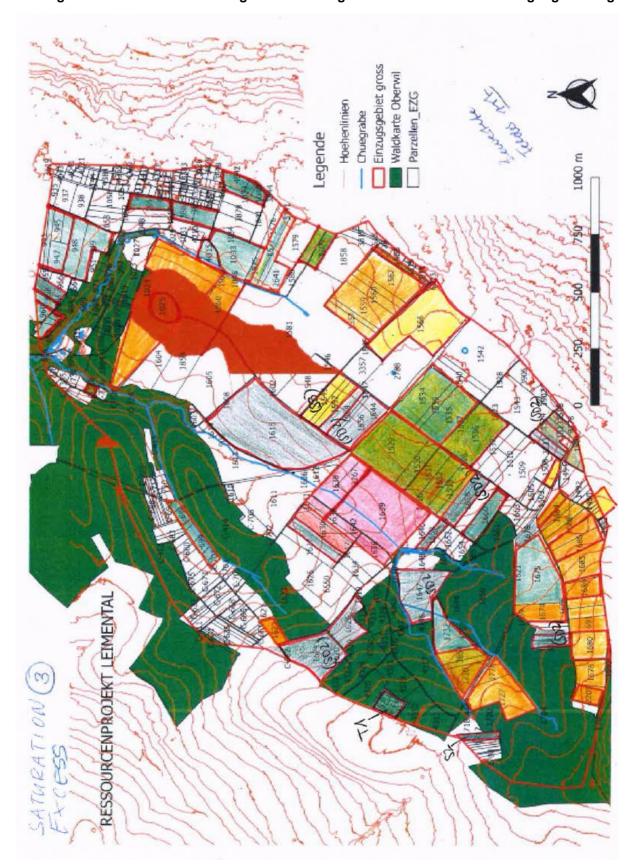
Anhang 6: WIN4 Risikokarte - Standortfaktoren (worst-case Potenzial)



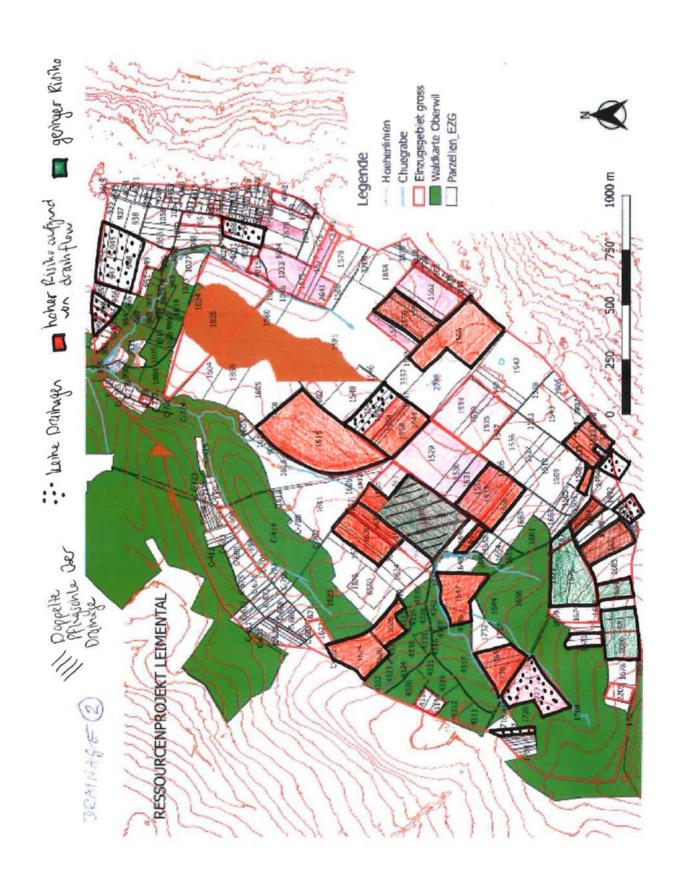
Anhang 7: TOPPS Risikokarte – Originalauswertung der Feldaufnahme zur Infiltrationshemmung



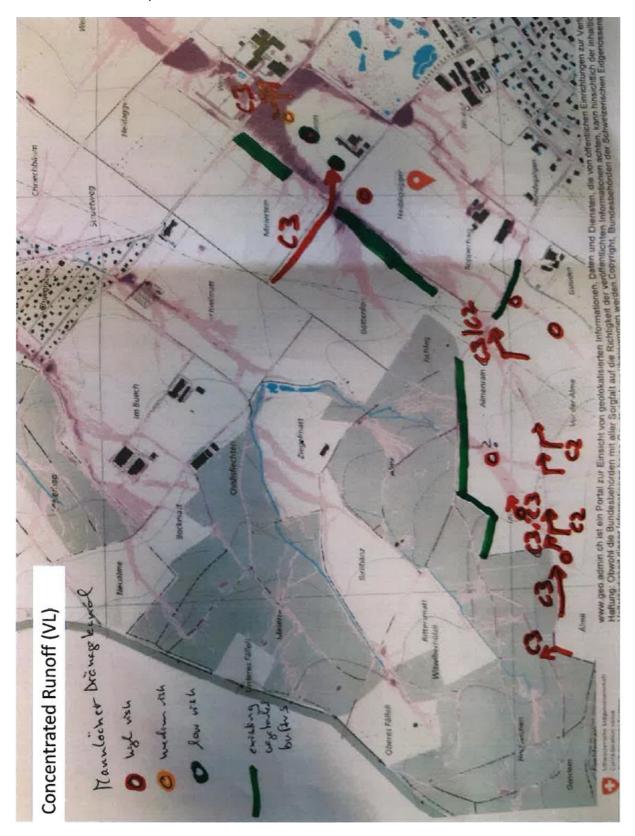
Anhang 8: TOPPS Risikokarte – Originalauswertung der Feldaufnahme zum Sättigungsaustrag



Anhang 9: TOPPS Risikokarte – Originalauswertung der Feldaufnahme zum Sättigungsaustrag



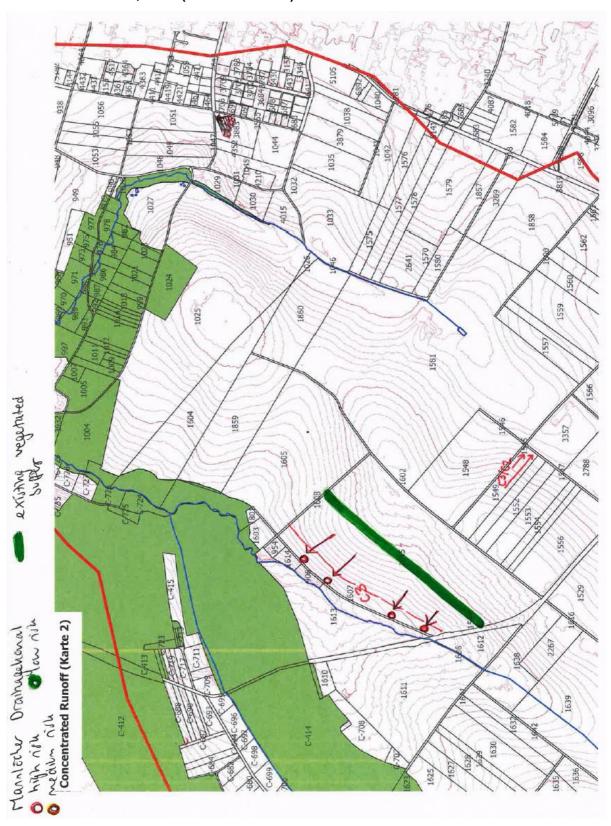
Anhang 10: TOPPS Risikokarte – Originalauswertung der Feldaufnahme zu konzentriertem Run-off, Teil I



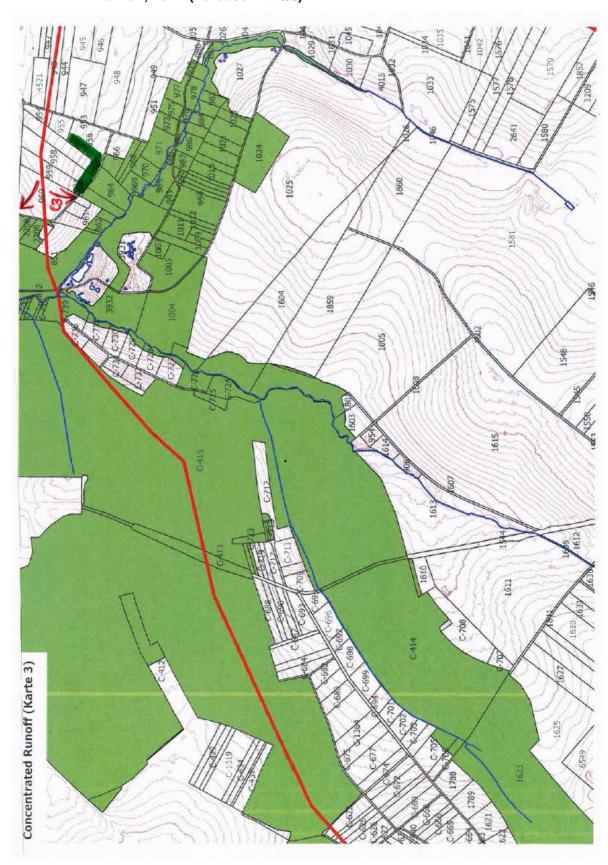
Anhang 11: TOPPS Risikokarte – Originalauswertung der Feldaufnahme zu konzentriertem Run-off, Teil II (Teilabschnitt 1/3)



Anhang 12: TOPPS Risikokarte – Originalauswertung der Feldaufnahme zu konzentriertem Run-off, Teil II (Teilabschnitt 2/3)



Anhang 13: TOPPS Risikokarte – Originalauswertung der Feldaufnahme zu konzentriertem Run-off, Teil II (Teilabschnitt 3/3)



Bodenerosion Gefährdungsstufe Boden durch Erosion wenig gefährdet Boden durch Erosion gefährdet

Boden durch Erosion stark gefährdet Einzugsgebiet (EZG) Grundkarte Oberwil keine Aussage möglich 1000 m Gewässer keine Erosion Legende Wald 750 200 250 1543 1615 1639 1675 89 1680 Erosionsrisikokarte (ERK BL) basierend auf aktueller berücksichtigt - Bodenbearbeitung - Fruchtfolgen berücksichtigt Erosion:

Anhang 14: Erosionsrisikokarte des Kanton BL – Ausgabe des Online-Tools

Anhang 15: Übersichtstabelle der Parzellenbewertung für die verschiedenen Modellansätze entsprechend ihrer Original-Risikoklassenzuordnung

ID	Parzelle	Noll	WIN4 (realistisch)	TOPPS m. Drainagen	TOPPS o. Drainagen	Erosions- risikokarte (Kanton BL)	5-Jahres- Kartierung
1	943	kein Risiko	kein Risiko	mittel	mittel	gering	sehr gering
2	944	kein Risiko	kein Risiko	mittel	mittel	gering	sehr gering
3	945	kein Risiko	kein Risiko	mittel	mittel	gering	sehr gering
4	947	mittel	kein Risiko	mittel	mittel	gering	sehr gering
5	948	mittel	kein Risiko	mittel	mittel	gering	sehr gering
6	957	kein Risiko	kein Risiko	mittel	mittel	gering	sehr gering
7	958	kein Risiko	kein Risiko	mittel	mittel	mittel	sehr gering
8	959	kein Risiko	kein Risiko	mittel	mittel	mittel	sehr gering
9	960	kein Risiko	kein Risiko	hoch	hoch	mittel	sehr gering
10	1044	kein Risiko	kein Risiko	mittel	mittel	gering	sehr gering
11	1484	mittel	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel
12	1485	mittel	gering	hoch	hoch	gering	mittel
13	1486	kein Risiko	gering	hoch	hoch	gering	sehr gering
14	1487	kein Risiko	gering	hoch	hoch	gering	sehr gering
15	1488	kein Risiko	gering	hoch	hoch	gering	sehr gering
16	1489	kein Risiko	kein Risiko	mittel	mittel	gering	sehr gering
17	1500	hoch	mittel	hoch	hoch	mittel	gering
18	1501	kein Risiko	kein Risiko	mittel	mittel	gering	sehr gering
19	1507	mittel	gering	hoch	mittel	mittel	gering
20	1511	mittel	gering	hoch	mittel	gering	gering
21	1512	hoch	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel
22	1513	kein Risiko	gering	hoch	mittel	hoch	gering
23	1514	kein Risiko	gering	hoch	mittel	mittel	gering
24	1532	hoch	gering	hoch	mittel	gering	mittel
25	1533	hoch	kein Risiko	hoch	mittel	gering	gering
26	1549	hoch	kein Risiko	hoch	hoch	mittel	sehr gering
27	1550	hoch	kein Risiko	mittel	mittel	mittel	sehr gering
28	1552	hoch	kein Risiko	mittel	mittel	mittel	sehr gering
29	1553	sehr hoch	mittel	hoch	mittel	mittel	gering
30	1554	hoch	mittel	hoch	mittel	mittel	gering
31	1555	hoch	mittel	hoch	mittel	mittel	gering
32	1556	hoch	mittel	hoch	mittel	mittel	gering
33	1559	hoch	gering	hoch	mittel	gering	mittel
34	1560	hoch	gering	hoch	mittel	gering	gering
35	1563	kein Risiko	gering	hoch	mittel	gering	gering
36	1564	kein Risiko	gering	hoch	mittel	gering	gering
37	1566	sehr hoch	mittel	hoch	mittel	mittel	mittel
38	1615	kein Risiko	sehr hoch	hoch	hoch	hoch	hoch
39	1624	mittel	mittel	hoch	hoch	hoch	mittel

ID	Parzelle	Noll	WIN4 (realistisch)	TOPPS m. Drainagen	TOPPS o. Drainagen	Erosions- risikokarte (Kanton BL)	5-Jahres- Kartierung
40	1626	mittel	mittel	hoch	mittel	mittel	gering
41	1628	hoch	gering	hoch	mittel	gering	gering
42	1629	hoch	gering	hoch	mittel	gering	gering
43	1630	hoch	gering	hoch	hoch	gering	gering
44	1631	hoch	gering	hoch	hoch	gering	gering
45	1632	hoch	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel
46	1639	mittel	sehr hoch	hoch	hoch	mittel	mittel
47	1647	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel	hoch
48	1650	hoch	hoch	hoch	hoch	hoch	gering
49	1657	kein Risiko	gering	hoch	mittel	mittel	gering
50	1658	mittel	gering	hoch	mittel	mittel	gering
51	1671	kein Risiko	gering	hoch	mittel	gering	gering
52	1672	kein Risiko	gering	hoch	mittel	gering	gering
53	1675	hoch	hoch	hoch	hoch	mittel	hoch
54	1676	hoch	gering	mittel	mittel	hoch	gering
55	1680	hoch	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel
56	1681	mittel	mittel	hoch	hoch	mittel	gering
57	1682	mittel	gering	hoch	hoch	mittel	gering
58	1684	mittel	gering	hoch	hoch	mittel	gering
59	1686	mittel	gering	hoch	hoch	gering	mittel
60	1687	mittel	gering	hoch	hoch	gering	mittel
61	1717	mittel	kein Risiko	mittel	mittel	gering	sehr gering
62	1727	hoch	mittel	hoch	hoch	gering	mittel
63	1728	hoch	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel
64	1730	mittel	sehr hoch	hoch	hoch	mittel	hoch
65	1731	mittel	hoch	hoch	hoch	mittel	mittel
66	1737	kein Risiko	kein Risiko	sehr gering	sehr gering	gering	sehr gering
67	2033	mittel	gering	hoch	mittel	gering	mittel
68	2304	hoch	gering	hoch	mittel	gering	gering
69	3654	mittel	hoch	hoch	hoch	hoch	mittel
70	3883	kein Risiko	kein Risiko	mittel	mittel	gering	sehr gering
71	4314	kein Risiko	kein Risiko	sehr gering	sehr gering	gering	sehr gering
72	4352	kein Risiko	kein Risiko	mittel	mittel	gering	sehr gering
73	7694	mittel	sehr hoch	hoch	hoch	gering	gering

Anhang 15: Übersichtstabelle der Parzellenbewertung in Form der zusammengefassten Risikoklassenzuordnung für den Vergleich der verschiedenen Modellansätze

ID	Parzelle	Noll	WIN4 (realistisch)	TOPPS m. Drainagen	TOPPS o. Drainagen	Erosions- risikokarte (Kanton BL)	5-Jahres- Kartierung
1	943	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
2	944	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
3	945	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
4	947	mittel	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
5	948	mittel	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
6	957	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
7	958	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	mittel	kein/geringes Risiko
8	959	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	mittel	kein/geringes Risiko
9	960	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	hoch	hoch	mittel	kein/geringes Risiko
10	1044	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
11	1484	mittel	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel
12	1485	mittel	kein/geringes Risiko	hoch	hoch	kein/geringes Risiko	mittel
13	1486	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	hoch	hoch	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
14	1487	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	hoch	hoch	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
15	1488	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	hoch	hoch	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
16	1489	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
17	1500	hoch	mittel	hoch	hoch	mittel	kein/geringes Risiko
18	1501	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
19	1507	mittel	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	mittel	kein/geringes Risiko
20	1511	mittel	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
21	1512	hoch	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel
22	1513	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	hoch	kein/geringes Risiko
23	1514	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	mittel	kein/geringes Risiko
24	1532	hoch	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	kein/geringes Risiko	mittel
25	1533	hoch	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
26	1549	hoch	kein/geringes Risiko	hoch	hoch	mittel	kein/geringes Risiko
27	1550	hoch	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	mittel	kein/geringes Risiko
28	1552	hoch	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	mittel	kein/geringes Risiko
29	1553	hoch	mittel	hoch	mittel	mittel	kein/geringes Risiko
30	1554	hoch	mittel	hoch	mittel	mittel	kein/geringes Risiko
31	1555	hoch	mittel	hoch	mittel	mittel	kein/geringes Risiko
32	1556	hoch	mittel	hoch	mittel	mittel	kein/geringes Risiko

ID	Parzelle	Noll	WIN4 (realistisch)	TOPPS m. Drainagen	TOPPS o. Drainagen	Erosions- risikokarte (Kanton BL)	5-Jahres- Kartierung
33	1559	hoch	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	kein/geringes Risiko	mittel
34	1560	hoch	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
35	1563	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
36	1564	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
37	1566	hoch	mittel	hoch	mittel	mittel	mittel
38	1615	kein/geringes Risiko	hoch	hoch	hoch	hoch	hoch
39	1624	mittel	mittel	hoch	hoch	hoch	mittel
40	1626	mittel	mittel	hoch	mittel	mittel	kein/geringes Risiko
41	1628	hoch	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
42	1629	hoch	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
43	1630	hoch	kein/geringes Risiko	hoch	hoch	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
44	1631	hoch	kein/geringes Risiko	hoch	hoch	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
45	1632	hoch	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel
46	1639	mittel	hoch	hoch	hoch	mittel	mittel
47	1647	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel	hoch
48	1650	hoch	hoch	hoch	hoch	hoch	kein/geringes Risiko
49	1657	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	mittel	kein/geringes Risiko
50	1658	mittel	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	mittel	kein/geringes Risiko
51	1671	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
52	1672	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
53	1675	hoch	hoch	hoch	hoch	mittel	hoch
54	1676	hoch	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	hoch	kein/geringes Risiko
55	1680	hoch	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel
56	1681	mittel	mittel	hoch	hoch	mittel	kein/geringes Risiko
57	1682	mittel	kein/geringes Risiko	hoch	hoch	mittel	kein/geringes Risiko
58	1684	mittel	kein/geringes Risiko	hoch	hoch	mittel	kein/geringes Risiko
59	1686	mittel	kein/geringes Risiko	hoch	hoch	kein/geringes Risiko	mittel
60	1687	mittel	kein/geringes Risiko	hoch	hoch	kein/geringes Risiko	mittel
61	1717	mittel	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
62	1727	hoch	mittel	hoch	hoch	kein/geringes Risiko	mittel
63	1728	hoch	mittel	hoch	hoch	mittel	mittel
64	1730	mittel	hoch	hoch	hoch	mittel	hoch
65	1731	mittel	hoch	hoch	hoch	mittel	mittel
66	1737	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
67	2033	mittel	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	kein/geringes Risiko	mittel
68	2304	hoch	kein/geringes Risiko	hoch	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
			. (101110			. (1011(0	

ID	Parzelle	Noll	WIN4 (realistisch)	TOPPS m. Drainagen	TOPPS o. Drainagen	Erosions- risikokarte (Kanton BL)	5-Jahres- Kartierung
69	3654	mittel	hoch	hoch	hoch	hoch	mittel
70	3883	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
71	4314	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
72	4352	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko	mittel	mittel	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko
73	7694	mittel	hoch	hoch	hoch	kein/geringes Risiko	kein/geringes Risiko