



Bern, 1. November 2017

## Information über chemische Durchwurzelungs- schutzmittel in Bitumenbahnen - Stand 2017

### Wichtigste Botschaften

- In wurzelfesten Bitumenbahnen werden chemische Durchwurzelungsschutzmittel eingesetzt, z.B. Ester der Herbizidwirkstoffe Mecoprop (MCP), Mecoprop-P (MCP-P) und seit kurzem auch 2-Methyl-4-chlorphenoxyessigsäure (MCPA). Bei Regenereignissen entsteht durch Hydrolyse der jeweilige Wirkstoff ausgewaschen und kann das Niederschlagswasser verschmutzen.
- Verschmutztes Niederschlagswasser muss behandelt werden (Art. 7 GSchG). Die Behörde legt die Anforderungen an die Einleitung auf Grund der Eigenschaften des Abwassers, des Standes der Technik und des Zustandes des Gewässers im Einzelfall fest (Anh. 3.3 Ziff. 1 Abs. 1 GSchV).
- Hohe Belastungen des Niederschlagswassers (Milligramm pro Liter) wurden beim Einsatz des Durchwurzelungsschutzmittels Preventol®B2, dem Glykolester von MCP, nachgewiesen, welches seit 2009 in der Schweiz nicht mehr verwendet wird.
- In der Regel enthalten Bitumenbahnen ein Durchwurzelungsschutzmittel auf Basis von MCP-P. Dies führt zu einer mittleren Belastung des Niederschlagswassers ( $\geq 0.1 \mu\text{g/L}$ ).
- Wenn eine Bitumenbahn mit geringer Belastung ( $< 0.1 \mu\text{g/L}$ ) gewünscht wird oder generell die Auswaschung geprüft werden soll, wird ein Nachweis gemäss nachstehender Methodik empfohlen.
- Für Bitumenbahnen mit anderen Wirkstoffen (z.B. MCPA) ist das Auswaschverhalten im Labor, Feld und Expositionsrisiko zu erfassen und analog zu bewerten.

### Empfehlungen

- Das BAFU empfiehlt Bitumenbahnen mit Durchwurzelungsschutzmitteln, die eine mittlere bis hohe Auswaschung aufweisen, nur für die Anwendung auf Gründächern. Durchwurzelungsschutzmittel mit geringer Auswaschung können auch auf anderen Flächen eingesetzt werden.
- Behandlungsbedarf für Niederschlagswasser von Bitumenbahnen ergibt sich wie folgt:
  - **Belastung „gering“:** die Auswaschung ist so gering, dass ohne Behandlung direkt ins oberirdische Gewässer eingeleitet oder versickert werden kann.
  - **Belastung „mittel“:** das Niederschlagswasser ist bei der Versickerung oder Einleitung in ein oberirdisches Gewässer durch eine für den Stoffrückhalt geeignete mikrobiell aktive Bodenschicht oder ein Substrat mit ebenbürtiger Reinigungswirkung zu behandeln.
  - **Belastung „hoch“:** Aufgrund der hohen Auswaschung ist das Niederschlagswasser der Kläranlage zuzuführen oder vorm Versickern dezentral mit nachweislich hoch wirksamen Substrat (Anforderung erhöht) zu behandeln.
- Jede Einleitung ist von Gesetzes wegen durch die zuständige Behörde zu bewilligen.

## 1 Ausgangslage

In wurzelfesten Bitumenbahnen werden chemische Durchwurzelungsschutzmittel, z.B. Ester der Herbizidwirkstoffe Mecoprop (MCPP), Mecoprop-P (MCPP-P) und seit kurzem auch 2-Methyl-4-chlorphenoxy-essigsäure (MCPA), eingesetzt.

MCPP-P und MCPA sind auch als Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft, auf Grünflächen (z. B. Sport- und Golfplätzen) oder in privaten Gärten verbreitet. Jedoch handelt es sich bei Durchwurzelungsschutzmitteln nicht um eine Anwendung als Pflanzenschutzmittel oder Biozid. Sie gelten als anmeldepflichtige Industriechemikalien (Art. 24 ChemV), die als Inhaltsstoffe einem Bauprodukt beigemischt werden (Art. 1 BauPG). Gekennzeichnet sind geprüfte Produkte mit „WF“ für die nachzuweisende Wurzelfestigkeit.

Zu den Durchwurzelungsschutzmitteln gehören z.B. der racemische Polyglykolester von MCPP (Preventol® B2), der enantiomerenreine 2-Ethylhexylester von MCPP-P (Herbitect®, Tectogreen P), der enantiomerenreine n-Octylester von MCPP-P (Preventol® B5, Tectogreen P-5) oder der 2-Ethylhexylester von MCPA (Tectogreen M).

MCPP-P und MCPA sind Wuchsstoffherbizide, die nur bei höheren Pflanzen (zweikeimblättrigen Pflanzen) eine spezifische Wirkung zeigen. Sie beschleunigen das Wachstum von Unkräutern so sehr, dass die Pflanzen aufgrund der resultierenden Nährstoffunterversorgung eingehen. In Gewässern sind Wasserpflanzen die empfindlichste Organismengruppe. Bei allen anderen Organismen tritt eine unspezifische Wirkung erst in höheren Konzentrationsbereichen auf.

Durch Hydrolyse oder mikrobiellen Abbau der Durchwurzelungsschutzmittel entsteht der jeweilige Wirkstoff. Mit abfließendem Niederschlagswasser gelangen die Wirkstoffe via Regenwasserkanal des Trennsystems oder Mischwasserüberläufe direkt ins Oberflächengewässer. Aufgrund der geringen Eliminationsrate der meisten Kläranlagen für die entsprechenden Stoffe erfolgt auch hierüber ein Eintrag in die Gewässer. Bei nicht fachgerecht konstruierten Versickerungsanlagen, z.B. ohne genügende Bodenpassage, sind Einträge ins Grundwasser zu erwarten.

Niederschlagswasser, welches organische Pestizide enthält, unter welche auch die Herbizidwirkstoffe aus wurzelfesten Bitumenbahnen fallen, müssen die Anforderungen an die Einleitung von anderem verschmutztem Abwasser in Gewässer oder in die öffentliche Kanalisation einhalten (Anh. 3.3 Ziff. 11 Abs. 1 GSchV). Demzufolge hat die Behörde die Anforderungen an die Einleitung auf Grund der Eigenschaften des Abwassers, des Standes der Technik und des Zustandes des Gewässers im Einzelfall festzulegen. Dabei sind internationale oder nationale Normen, vom BAFU veröffentlichte Richtlinien oder von der betroffenen Branche in Zusammenarbeit mit dem BAFU erarbeitete Normen zu berücksichtigen. Der Stand der Technik fordert, dass so wenig wie möglich eines Schadstoffes in ein Gewässer eingeleitet werden darf. Demzufolge muss die Auswaschung von Wuchsstoffherbiziden aus Bitumenbahnen erfasst werden, um die Belastung des abfließenden Niederschlagswassers zu ermitteln. So kann die Art der Einleitung in den Vorfluter bestimmt werden um die Anforderungen an die Gewässerqualität einzuhalten. Die vorliegende Information soll eine Hilfestellung dazu geben.

## 2 Studienergebnisse und getroffene Massnahmen

Um das Problem der Auswaschung mit Massnahmen zu entschärfen, lancierte das BAFU 2005 das Projekt "Mecoprop in Bitumen-Dachbahnen" (Burkhardt et al., 2008). Dafür wurde die Auswaschung von MCPP, MCPP-P und dem Transformationsprodukt 4-Chlor-2-Methylphenol (CMP) untersucht. Die Resultate zeigten:

- Bedeutung des Esters: Der Ethylhexylester (Herbitect®) ist chemisch stärker gebunden als der Glykolester (Preventol® B2). MCPP-P wird somit aus Bahnen mit dem Ethylhexylester um mindestens einen Faktor 10 bis 20 weniger stark ausgewaschen als bei Verwendung vom Glykolester. Ergänzende Untersuchungen für den n-Octylester (Preventol® B5) ergaben eine vergleichbare Auswaschreduktion.

- Zeitliche Abnahme der Auswaschung: Die Auswaschung nimmt über die Zeit ab. So lag im Eluat einer Ethylhexylester-Bahn nach 190 Tagen die Konzentration gegenüber einer neuen Bahn um Faktor 10 tiefer. Nach sieben Jahren wurden unabhängig vom Ester noch 1 bis 2 µg/L MCPPE nachgewiesen, entsprechend 100 bis 1000fach niedriger als in der neuen Bitumenbahn.
- Einfluss Witterung: Einen geringen Konzentrationsanstieg verursachen hohe Temperaturen, lange Wasserkontaktzeiten und ein alkalischer pH-Wert.
- Abbauprodukte: Das Transformationsprodukt CMP und der MCPPE-Ester treten im Vergleich zum Wirkstoff in vernachlässigbaren Konzentrationen auf und begrenzen sich vor allem auf die Anfangsperiode.

Getroffene Massnahmen:

- Seit 2008 bieten die drei Bitumenbahnhersteller (Soprema, Swissoor, Bauder) nur noch Bitumenbahnen mit Ethylhexylester oder n-Octylester des MCPPE an, die 10-20mal geringer auswaschen als beim Glykolester. Preventol® B2 ist nicht mehr in neuen Bitumenbahnen enthalten. Zur Auswaschung von MCPPE liegen noch keine gesicherten Erkenntnisse vor.
- Das BAFU empfiehlt, die Anwendung von wurzelfesten Bitumenbahnen auf begrünte Dachflächen zu beschränken.

### 3 Einstufung in Belastungsklassen

Zur Erfassung der Auswaschung von Bitumenbahnen wird ein europaweit harmonisierter Auswaschtest (SNR CEN/TS 16637-2:2014) empfohlen. Auf Grundlage der Laborergebnisse lässt sich, unter Berücksichtigung der abgeschätzten Auswaschmenge über 30 Jahre Nutzungsdauer, das abfliessende Niederschlagswasser mit nachfolgender Beurteilungsmethodik den Belastungsklassen gering, mittel und hoch zuordnen. Die drei Belastungsklassen orientieren sich an der VSA-Richtlinie „Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter“ (VSA, 2017). Nähere Informationen zum empfohlenen Vorgehen sind im Anhang 1 am Ende des Dokuments erläutert.

- **Belastung gering:** Wenn eine geringe Belastung mit MCPPE bzw. MCPPE-P erwartet wird, sind ein Nachweis und eine Einstufung gemäss nachstehender Methodik durch den Hersteller zu empfehlen. Solches Wasser kann gemäss VSA-Richtlinie in den Vorfluter direkt eingeleitet oder versickert werden, weil die Anforderungen an die Gewässerqualität eingehalten werden. Die Belastungsklasse „gering“ bedeutet, dass das Niederschlagswasser betreffend MCPPE bzw. MCPPE-P als nicht verschmutzt gilt und so in ein Gewässer ohne Behandlung eingeleitet werden darf.
- **Belastung mittel:** In der Regel kann bei Bitumenbahnen mit MCPPE-P von einer mittleren Belastung ausgegangen werden. Niederschlagswasser von Bitumenbahnen mit mittlerer Belastung ist durch eine für den Rückhalt der Herbizide geeignete mikrobiell aktive Bodenschicht oder ein Substrat mit mindestens ebenbürtiger Reinigungswirkung zu behandeln, bevor das Niederschlagswasser ins Grundwasser versickert oder Oberflächengewässer eingeleitet wird.
- **Belastung hoch:** Wird eine hohe Auswaschung befürchtet, sind ein Nachweis und eine Einstufung gemäss nachstehender Methodik dringend zu empfehlen, sowie das Niederschlagswasser der Kläranlage zuzuführen oder vor der Versickerung dezentral mit nachweislich hoch wirksamen Substrat (Anforderung erhöht) zu behandeln.

Für Bitumenbahnen mit anderen Wirkstoffen (MCPPE und andere) sind die Auswaschung im Labor und Feld sowie Expositionsrisiko zu erfassen und, ggf. durch eine angepasste Methodik, zu bewerten.

## 4 Schlussfolgerungen

- Die drei Hersteller von Bitumenbahnen mit Durchwurzelungsschutz verwenden enantiomerenreine Wurzelschutzmittel (z. B. Herbitect®, Preventol® B5, Tectogreen P, Tectogreen P-5), die sich durch eine gegenüber Preventol® B2 um 10 bis 20fach geringere Auswaschung von MCPP-P auszeichnen. Der racemische Glykolester (Preventol® B2) wird nicht mehr eingesetzt. Die allfällige Verwendung des Ethylhexlesters von MCPA (Tectogreen M) oder anderer chemischer Durchwurzelungsschutzmittel ist bei den Herstellern zu erfragen.
- In der Regel kann bei Bitumenbahnen mit MCPP-P von einer mittleren Belastung ausgegangen werden. Wenn eine geringe Belastung gewünscht oder eine hohe befürchtet wird, sind ein Nachweis und eine Einstufung mit einem Labornachweis und nachfolgender Beurteilungsmethodik empfohlen.
- Der Labornachweis DSLT und die Beurteilungsmethodik sind geeignet, die Auswaschung und die Belastung des Niederschlagswassers hinreichend genau abzuschätzen.
- Niederschlagswasser von Bitumenbahnen mit geringer Auswaschung kann ohne zusätzliche Massnahmen versickert oder in ein oberirdisches Gewässer eingeleitet werden. Diese Bitumenbahnen sind ökologisch vertretbar und stellen der Stand der Technik dar.
- Niederschlagswasser von Bitumenbahnen, welches als „mittel“ belastet gilt, ist vor der Einleitung in ein oberirdisches Gewässer durch eine für den Stoffrückhalt geeignete mikrobiell aktive Bodenschicht oder ein Substrat mit mindestens ebenbürtiger Reinigungswirkung zu versickern (Art. 8 GSchV, Art. 3 Abs. 2 Bst. b GSchV). Bei hoher Auswaschung (Belastungsklasse „hoch“) ist das Niederschlagswasser in der Kläranlage oder vorm Versickern dezentral mit nachweislich hoch wirksamen Substrat zu behandeln.
- Jede Einleitung ist von Gesetzes wegen durch die zuständige Behörde zu bewilligen.
- Das BAFU empfiehlt Bitumenbahnen, die eine mittlere bis hohe Auswaschung aufweisen, nur für die Anwendung auf begrünten Dächern einzusetzen. Auch die drei Hersteller propagieren, dass wurzelfeste Bitumenbahnen nur dort eingesetzt werden sollen, wo diese bautechnisch nötig sind. Auf Nackt- oder Kiesdächern ist eine Anwendung nicht nötig und eine Belastung der Umwelt kann vermieden werden.

## 5 Quellen

- BauPG (2014): Bauproduktegesetz vom 21. März 2014, Stand am 1. Oktober 2014. 933.0, Bern.
- Burkhardt, M., et al. (2008): Mecoprop in Bitumenbahnen - Auswaschung von Mecoprop aus Bitumenbahnen und Vorkommen im Regenabwasser. Eawag / Empa Forschungsbericht, Dübendorf, S. 28. ([www.umtec.ch](http://www.umtec.ch))
- ChemV (2015): Chemikalienverordnung vom 5.6.2015, Stand am 1. März 2017. 813.11, Bern.
- GSchV (1998): Gewässerschutzverordnung vom 28.10.1998, Stand am 1. Mai 2017. 814.201, Bern.
- SNR CEN/TS 16637-2:2014 (2014): Bauprodukte - Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen - Teil 2: Horizontale dynamische Oberflächenauslaugprüfung. SIA 490.509, Zürich, S. 61.
- VSA (2017): Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter. Basismodul (Entwurf), Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Glattbrugg.

## 6 Auskünfte

- BAFU Bundesamt für Umwelt, Abteilung Luftreinhalte und Chemikalien: Christoph Moor, Telefon 058 462 93 84, E-Mail: [christoph.moor@bafu.admin.ch](mailto:christoph.moor@bafu.admin.ch)
- HSR Hochschule für Technik Rapperswil, Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC): Michael Burkhardt, Telefon 055 222 4870, E-Mail: [michael.burkhardt@hsr.ch](mailto:michael.burkhardt@hsr.ch)

## 7 Anhang

Wurzelfeste Bitumenbahnen mit Mecoprop bzw. Mecoprop-P.

## Anhang

# Wurzelfeste Bitumenbahnen mit Mecoprop bzw. Mecoprop-P: Labortest und Methodik zur Beurteilung

Die nachfolgende Methodik wurde für wurzelfeste Bitumenbahnen mit Durchwurzelungsschutzmitteln auf Basis der Wirkstoffe Mecoprop (MCPP) und Mecoprop P (MCPP-P) entwickelt und verifiziert.

Für andere chemische Durchwurzelungsschutzmittel wird empfohlen, die Eignung des Labortests, die Übertragbarkeit der Laborergebnisse auf die Realität (Feld) und das Expositionsrisiko in Anlehnung an vorliegendes Konzept zu prüfen und zu verifizieren.

### 1. Bitumenbahnen mit MCPP-P

Über zwei Mechanismen gelangt der Wirkstoff MCPP-P ins Wasser:

1. Aufgrund produktionsbedingter, oberflächlicher Verunreinigung wird der chemisch nicht in die Bitumenbahnen eingebundene Ester zu Beginn abgewaschen und hydrolysiert im Dachwasser. Der Abwascheffekt ist nur kurzzeitig von Bedeutung und über die Lebensdauer mengenmässig nicht relevant. Der Wirkstoff liegt darin zu einem geringen Anteil frei vor.
2. Der Ester wird an der Oberfläche der Bitumenbahn durch Wasser chemisch gespalten (hydrolysiert), vor allem bei alkalischen pH-Wert, und als Wirkstoff abgewaschen. Die Stoffnachlieferung an die Oberfläche der Bitumen erfolgt durch Diffusion. Dieser Abwascheffekt ist mengenmässig relevant.

Für die Freisetzungsmenge sind die Art des Durchwurzelungsschutzmittels, die Gesamtrezeptur und die Testbedingungen entscheidend. So ist die Hydrolyse vom Ethylhexyl- und Octylester geringer als vom Polyglykolester und bei neutralem pH-Wert geringer als bei alkalischem (pH 9). Auswascherelevant ist stets der oberflächennahe Anteil, weil dieser in direktem Wasserkontakt steht<sup>1</sup>.

### 2. Experimentelles Vorgehen

Um die Belastung der Gewässer durch wurzelfeste Bitumenbahnen abzuschätzen wird dem Herstellern empfohlen, einen produktspezifischen Nachweis in Anlehnung an die horizontale dynamische Oberflächenauslaugprüfung (DSLIT; Bauprodukte - Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen - Teil 2, SNR CEN/TS 16637-2:2014) durchzuführen.

Nachfolgende Beurteilungsmethodik kann angewendet werden, um das Niederschlagswasser den Belastungsklassen gering, mittel und hoch zuzuordnen (VSA, in Vernehmlassung).

#### 2.1. Herstellung der Prüfkörper

Von 2 verschiedenen Produktionschargen sind je 2 Prüfkörper (100 cm<sup>2</sup>) herzustellen (Abbildung 1). Die ausgeschnittenen Bahnen sollen auf Glas aufgeschweisst und die Schnittkanten allseitig wasserdicht mit Bitumen versiegelt werden.



Abbildung 1: Von jedem Produkt sind vier Prüfkörper aus zwei Chargen bei zwei unterschiedlichen pH-Werten im DSLIT zu testen.

<sup>1</sup> Weitere Hinweise zur Freisetzung sind bei Bucheli et al. (1998) und Burkhardt et al. (2008) aufgeführt.

## 2.2. Vorbehandlung

Die 4 Prüfkörper sind vorzubehandeln, um die hohe Variabilität der Anfangsabwaschung zu reduzieren, die auf zufällige, produktionsbedingte oberflächliche Verunreinigungen zurückzuführen ist. Dafür werden je Prüfkörper 40 L/m<sup>2</sup> deionisiertes Wasser in Teilmengen von 2 x 20 L/m<sup>2</sup> direkt nacheinander dazugegeben und je 24 Stunden eluiert. Die beiden Teilproben werden zu einer Mischprobe vereinigt und darin die Wirkstoffkonzentration chemisch analysiert. Die Anfangsabwaschung ist über die Lebensdauer betrachtet nicht mengenrelevant, sodass das Analysenergebnis nicht in die Gesamtbeurteilung der Bitumenbahn einfließt.

## 2.3. DSLT-Auswaschtest

Der Auswaschtest DSLT erfolgt in abgedeckten, lichtgeschützten Glasschalen bei Raumtemperatur und einem Flüssigkeit/Oberflächen-Verhältnis von 20 (L/A 20 L/m<sup>2</sup>). Von jeder Produktionscharge wird der eine Prüfkörper mit deionisiertem Wasser und der zweite bei pH 9 eluiert (Abbildung 1). Damit wird die Hydrolyse von oberflächennahem Wirkstoff beschleunigt und die potentiell verfügbare Menge erfasst. Über die Testdauer von 64 Tagen entstehen 8 Eluate pro Prüfkörper, wobei jeweils das Wasser zu wechseln ist. Die Wasserkontaktzeiten nehmen von 6 Stunden beim ersten auf 28 Tage beim letzten Messpunkt zu (Tabelle 1). Die Wirkstoffkonzentrationen, der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit sind in jedem Eluat nachzuweisen. Weitere Details zum Vorgehen sind SNR CEN/TS 16637-2:2014 zu entnehmen.

Tabelle 1. Wasserkontakt- und Erneuerungszeit des Wassers für die acht Proben (SNR CEN/TS 16637-2:2014).

Schritt	Probe	Dauer des jeweiligen Schritts	Dauer ab Beginn der Prüfung (t <sub>0</sub> )
1	R <sub>1</sub>	6 h ± 15 min	6 h
2	R <sub>2</sub>	18 h ± 15 min	1 d
3	R <sub>3</sub>	1 d und 6 h ± 45 min	2 d und 6 h
4	R <sub>4</sub>	1 d und 18 h ± 75 min	4 d
5	R <sub>5</sub>	5 d ± 75 min	9 d
6	R <sub>6</sub>	7 d ± 75 min	16 d
7	R <sub>7</sub>	20 d ± 7 h	36 d
8	R <sub>8</sub>	28 d ± 12 h	64 d

## 2.4 Auswertung

Pro Prüfkörper sind der Konzentrationsverlauf (µg/L) und die kumulative Emissionsmenge (mg/m<sup>2</sup>) für die 8 Eluate dazustellen. Die Emissionsmenge wird unter Berücksichtigung vom Freisetzungsmechanismus auf die ausgewaschene Menge über 30 Jahre Nutzungsdauer extrapoliert (vgl. SNR CEN/TS 16637-2:2014). In der Regel deutet der Verlauf auf eine diffusionsgesteuerte Freisetzung hin, die gemäss Formel für Diffusion auszuwerten ist (s.u.). Beispielhaft sind 3 Produkte untersucht und ausgewertet worden (Abbildung 2).

$$R_{TE} = R_2 + (R_8 - R_2) \frac{\sqrt{T_E} - \sqrt{1}}{\sqrt{64} - \sqrt{1}}$$

$R_{TE}$  = extrapolierte Freisetzung über  $T_E$  Tage, in mg/m<sup>2</sup>

$R_2$  = kumulative flächenbezogene Freisetzung über Zeitraum 2, in mg/m<sup>2</sup>;

$R_8$  = kumulative flächenbezogene Freisetzung über Zeitraum 8, in mg/m<sup>2</sup>;

$T_E$  = Zeitwert für die Extrapolation, in Tagen (30 Jahre = 10'950 Tage)

### 3. Beurteilung der Produkte

Die extrapolierte Auswaschmenge nach 30 Jahren ist den drei Belastungsklassen in Tabelle 2 zuzuordnen. Für die Produkteinstufung ist zu beachten, dass 3 von 4 Prüfkörpern in der gleichen Belastungsklasse sein, um die Zuordnung vornehmen zu können.

Darüber hinaus ist nachzuweisen, dass Nahtverbindungen keine Freisetzung verursachen, die die Einordnung zur jeweiligen Belastungsklasse, insbesondere der geringen Belastung, unterlaufen. Dies gilt als erfüllt, falls der Nachweis für den Nahtbereich in Längsrichtung vorliegt.

Tabelle 2. Extrapolierte MCPP-P Auswaschmengen und deren Zuordnung zu den Belastungsklassen. Die Zuordnung erfolgt auf Grundlage von 3 von 4 getesteten Prüfkörpern.

Belastungs- klasse	30 Jahre Mecoprop-P Freisetzung (mg/m <sup>2</sup> )	Behandlung
Gering	< 10	Die direkte Ableitung und Versickerung vom Niederschlagswasser ins Gewässer ist ohne Behandlung möglich. Solche Bitumenbahnen sind aus Sicht des Gewässerschutzes ökologisch empfehlenswert. Dies Produkt muss nachweislich wurzelfest sein.
Mittel	10 bis 200	Das Niederschlagswasser ist durch eine mikrobiell aktive Bodenschicht oder ein vergleichbar wirksames Substrat zu behandeln und dann zu versickern oder einzuleiten. In der Regel dürften sich die Produkte mit Ethylhexyl- und Octylestern dieser Belastungsklasse zuordnen lassen.
Hoch	> 200	Das Niederschlagswasser ist in die Schmutzwasserkanalisation zu leiten oder dezentral mit nachweislich hoch wirksamen Substrat zu behandeln. Eine Freisetzung > 200 mg/m <sup>2</sup> Wirkstoff über 30 Jahre ist z.B. beim Polyglykolester B2 zu erwarten.

### 4. Freisetzungsmengen und Belastungsklassen

#### 4.1. Berechnung Durchschnittskonzentration

Die kumulierte Auswaschmenge über 30 Jahre (mg/m<sup>2</sup>) wird in eine Durchschnittskonzentration umgerechnet, indem die Auswaschmenge  $R_{TE}$  auf 1 Jahr normalisiert und durch den für die Schweiz typischen mittleren Jahresniederschlag von 1000 mm dividiert wird. Dieser Schritt beruht auf der Annahme, dass die ausgewaschene Wirkstoffmenge mit dem abfliessenden Niederschlag ausgewaschen wird. Die ermittelte Durchschnittskonzentration wird anschliessend mit Faktor 0.2 multipliziert, um ein sehr enges Verdünnungsverhältnis von 1:5 abzubilden. Dies soll ein „Worst-Case“ bei der Einleitung von grossen Dachflächen in sehr kleine Gewässer widerspiegeln. Bei der Versickerung in Boden und über künstlichem Substrat steht der Faktor für den Stoffrückhalt.

#### 4.2. Belastungsklassen

Die drei Belastungsklassen gering, mittel und hoch sind dazu da, den Behandlungsbedarf des Niederschlagswassers gemäss VSA-Richtlinie nachvollziehbar zuzuordnen. Folgende Bedeutung widerspiegeln die Klassen:

- **Belastung gering:** Werden < 10 mg/m<sup>2</sup> Wirkstoff über 30 Jahre ausgewaschen, ergibt sich eine Durchschnittskonzentration von < 0.067 µg/L, eine Konzentration unterhalb des numerischen Anforderungswerts von 0.1 µg/L je Pestizid für Gewässer. Der Anforderungswert wird selbst bei nur 700 mm Jahresabfluss mit < 0.095 µg/L nicht überschritten. Eine Behandlung ist deshalb nicht erforderlich.
- **Belastung mittel:** Bei 10 bis 200 mg/m<sup>2</sup> Freisetzung über 30 Jahre ergibt sich eine maximale Durchschnittskonzentration von 1.33 µg/L für 1000 mm Jahresniederschlag und 1.90 µg/L für 700 mm. Gelegentliche Überschreitungen des Anforderungswerts von 0.1 µg/L sind zu erwarten. Das Niederschlagswasser ist zu behandeln.
- **Belastung hoch:** Eine Freisetzung > 200 mg/m<sup>2</sup> Wirkstoff über 30 Jahre führt zu Durchschnittskonzentrationen > 1.33 µg/L bei 1000 mm Jahresniederschlag und > 1.90 µg/L bei 700 mm. Regelmässige und deutliche Überschreitungen sind zu erwarten und erfordern zwingend eine Massnahme zur Niederschlagswasserbehandlung.

## 5. Marktrelevanz

Die Auswaschung im DSLT für drei Produkte zeigt exemplarisch, dass die aus Bitumenbahnen ausgewaschenen MCPP und MCPP-P Mengen um einen Faktor von 3000 streuen (Abbildung 2). Bitumenbahnen mit dem Polyglykolester (Preventol® B2) setzen mehr als 1000 mg/m<sup>2</sup> MCPP über 30 Jahre frei (rot). Heutige Marktprodukte liegen überwiegend im Bereich von 10 bis 200 mg/m<sup>2</sup> Mecoprop-P und sind damit der mittleren Belastungsklasse zuzuordnen (gelb). Nur wenige Produkte dürften <10 mg/m<sup>2</sup> Mecoprop-P auswaschen (grün).

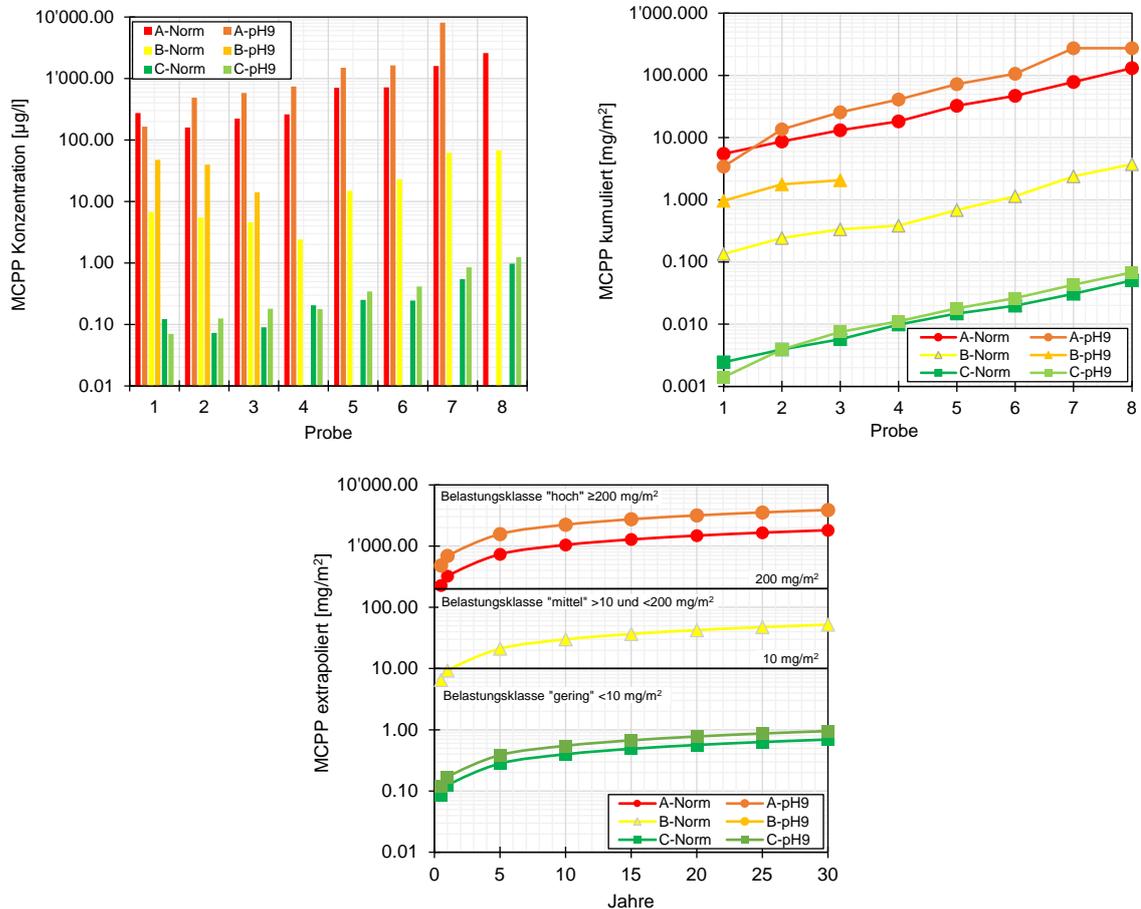


Abbildung 2: Für drei Bitumenbahnen sind exemplarisch die Konzentrationen (oben links, µg/l), die kumulativ ausgewaschene Menge (oben rechts, mg/m<sup>2</sup>) und der Verlauf der extrapolierten Freisetzungsmenge über 30 Jahre (unten, mg/m<sup>2</sup>) dargestellt. Die Konzentrationen und freigesetzten Mecoprop-P Mengen sind logarithmisch skaliert. In der unteren Abbildung sind die Grenzen der Belastungsklassen eingetragen (10 und 200 mg/m<sup>2</sup>).

## 6. Quellen

- Bucheli, T., et al. (1998): Bituminous Roof Sealing Membranes as Major Sources of the Herbicide (R,S)-Mecoprop in Roof Runoff Waters: Potential Contamination of Groundwater and Surface Waters. Environ. Sci. Technol. 32, 3465-3471.
- Burkhardt, M., et al. (2008): Mecoprop in Bitumenbahnen - Auswaschung von Mecoprop aus Bitumenbahnen und Vorkommen im Regenabwasser. Eawag / Empa Forschungsbericht, Dübendorf, S. 28. (www.umtec.ch)
- SNR CEN/TS 16637-2:2014 (2014): Bauprodukte - Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen - Teil 2: Horizontale dynamische Oberflächenauslaugprüfung. SIA 490.509, SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, S. 61.
- VSA (in Vernehmlassung): Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter . Basismodul. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Glattbrugg.

## 7. Auskunft

HSR Hochschule für Technik Rapperswil, Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik (UMTEC):  
Michael Burkhardt, Telefon 055 222 4870, E-Mail: michael.burkhardt@hsr.ch