

Freisetzung von Mecoprop aus Polymerbitumen- dachbahnen – Modellierung des Transport- verhaltens von Mecoprop bei der Bodenpassage unter Berücksichtigung der Vorgaben des Prüfplans aus der „PG Mecoprop“

Abschlussbericht zu den Forschungsvorhaben

P 52-5- 20.97-2022/17

Durchgeführt im Auftrag des

Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt

Kolonnenstraße 30B

10829 Berlin

Sabine Hübner

Andreas Schmohl

1 Hintergrund

Polymerbitumendachbahnen für Gründächer enthalten als Durchwurzelungsschutz Mecoprop-Ester, welche nach und nach an die Oberfläche diffundieren, hydrolysieren und schließlich als Carbonsäure (Methylchlorphenoxypropionsäure; Mecoprop; MCPP) freigesetzt werden. Das (R)-(+)-Enantiomer („Mecoprop-P“) der freien Carbonsäure stellt das wirksame Agens dar.

Die Freisetzung von Durchwurzelungsschutzmitteln aus Dachbahnen wurde in den vom DIBt geförderten Forschungsvorhaben P 52-5-20.88-1497/15 und P 52-5-20.88-1999/16 vom Fraunhofer IBP untersucht. Bei den Freilandversuchen wurden im Ablaufwasser von Modelldächern im ersten Jahr Konzentrationen bis maximal 2.000 µg/L gemessen. Im Laborversuch (DSL-Test; DIN CEN/TS 16637-2) betragen die mittleren Konzentrationen 100 bis 200 µg/L.

Im Prüfplan der „Projektgruppe Mecoprop“ des DIBt sind folgende Schritte vorgesehen:

1. Elutionsversuch - Ermittlung der auswaschbaren MCPP-Konzentration nach DIN CEN/TS 16637-2
2. Modellannahmen - Übertragung der MCPP-Konzentration im Ablaufwasser auf die Realität
3. Modellannahmen - Übertragung der MCPP-Konzentration über den Boden ins Grundwasser

Der vorliegende Bericht „Modellierung des Transportverhaltens von Mecoprop bei der Bodenpassage unter Berücksichtigung der Vorgaben des Prüfplans aus der „PG Mecoprop““ bezieht sich auf Schritt 3 des Prüfplans. Für die Berechnungen wurden folgende Parameter vorgegeben bzw. herangezogen:

- Bodendichte (trocken): 1,58 mg/mm³,
- Wassergehalt: 0,24 mm³/mm³,
- linearer Sorptionskoeffizient: 0,24 mm³/mg,
- Flussgeschwindigkeit: 0,87 mm/d,
- Halbwertszeit: 30 d, Abbau nur in gelöstem Zustand,
- Ort der Beurteilung bzw. relevante Tiefe für Geringfügigkeits-schwellenwert: 1.000 mm,
- Geringfügigkeitsschwellenwert: 0,1 µg/L

2 Zielsetzung

Der zeitliche Konzentrationsverlauf im Porenwasser in 1 m Tiefe soll abgeschätzt werden. Die Modellierung der Mecoprop-Konzentration soll unter Verwendung der vorgegebenen Rahmenbedingungen (Bodenmodell Hamburg, lineare Sorption, Abbau mit einer Reaktionskinetik erster Ordnung) sowie der oben genannten Eingangsparameter (s. Ausgangssituation) erfolgen.

3 Ergebnisse

Für die Modellierung der Konzentration an Mecoprop im Bodenporenwasser in Abhängigkeit von der Tiefe wurde das Programm MS-Excel verwendet. Bei einer Flussrate von 0,87 mm/d und einer konstanten Halbwertszeit von 30 d im gesamten Boden bis zum Ort der Beurteilung bleibt die Mecoprop-Konzentration in einer Tiefe von 1 m um mehrere Größenordnungen unter dem Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,1 µg/L.

Die Modellierung ergibt einen geringen Einfluss der Dispersion und einen noch geringeren Einfluss der Sorption auf die Mecoprop-Maximalkonzentration in 1 m Tiefe. Sorptions- und Dispersionsprozesse verzögern das Vordringen in tiefere Schichten; das Fließgleichgewicht, das sich bei kontinuierlichem Eintrag am Ende einstellt, beeinflussen sie jedoch nicht wesentlich.

Für den kontinuierlichen Eintrag wurde eine Näherungsformel aufgestellt, die als Parameter lediglich die Mecoprop-Eintragskonzentration, die Halbwertszeit τ , die Flussgeschwindigkeit q und die Tiefe Δh enthält. Mit der Näherungsformel kann die maximal akzeptable Mecoprop-Eintragskonzentration c_{\max} einfach berechnet werden:

$$c_{\max} = c_{GS} \cdot 2^{\frac{\Delta h}{q \cdot \tau}} \quad \text{mit } c_{GS} = 0,1 \mu\text{g/L}$$

Eine kontinuierliche, konstante Freisetzung von Mecoprop aus Dachbahnen über viele Jahre hinweg ist wenig realistisch und wurde im Freilandversuch auch nicht beobachtet. In das Modellierungsprogramm wurde daher neben dem kontinuierlichen Eintrag auch eine Eintragsfunktion implementiert, die den Verlauf im Freilandversuch beschreibt (= diskontinuierlicher Eintrag). Die Modellierung ergibt für den diskontinuierlichen Eintrag ähnliche (tendenziell geringere) Mecoprop-Maximalkonzentrationen wie beim kontinuierlichen Eintrag. Im zeitlichen Konzentrationsverlauf wird statt eines Plateaus ein Peak mit einer Halbwertsbreite von wenigen Jahren erhalten. Die Mecoprop-Konzentration bleibt – unter Annahme einer konstanten Abbaurate über das gesamte Bodenprofil hinweg – in einer Tiefe von 1 m um mehrere Größenordnungen unter dem Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,1 µg/L.

Um den Einfluss der Halbwertszeit einschätzen zu können, wurde im Modell ein Tiefenprofil für die Halbwertszeit implementiert. Das Modell mit nicht-konstanter Halbwertszeit zeigt, dass Überschreitungen der Geringfügigkeitsschwelle möglich sind, wenn die bioaktive Schicht für den Mecoprop-Abbau zu dünn ist. Eine Überschreitung des Geringfügigkeitsschwellenwertes wird im Modell aber nur erreicht, wenn die Halbwertszeit in großen Teilen des Bodenprofils (ca. 80 cm von 100 cm) deutlich höher als mit 30 Tagen angesetzt wird (z. B. mit 3.000 d).

4 Fazit

Wenn das eingesetzte Modell realistisch ist, kann mit großer Sicherheit davon ausgegangen werden, dass in einer Tiefe von 1 m – auch unter Berücksichtigung eines worst-case-Szenarios – keine Überschreitung der Geringfügigkeitsschwelle auftritt. Der Grund hierfür ist hauptsächlich die im Modell angenommene niedrige Halbwertszeit bzw. die hohe Abbaurate in Kombination mit der geringen Versickerungsgeschwindigkeit. Solange eine ausreichend starke, biologisch aktive Bodenschicht vorhanden ist (> 30 cm), bleibt der Mecoprop-Eintrag in Bezug auf das Grundwasser unkritisch. Um die Frage zu klären, welche Bodenschichten den effektiven Abbau von Mecoprop gewährleisten und welche Bodenschichten nur geringe Mecoprop-Abbauraten (und damit hohe Halbwertszeiten) aufweisen, sind weitere Recherchen und Untersuchungen empfehlenswert. Ob der Eintrag von Mecoprop die Fauna und Flora in oberflächennahen Bodenschichten negativ beeinflusst, bedarf weiterer Betrachtungen und Untersuchungen.