

Lysimeteruntersuchungen zum Austragsverhalten von im Maisanbau eingesetzten Herbiziden unter Freilandbedingungen (Standort Wielenbach)

Claudia Strauß^{1*}, Anne Bayer¹ und Maren Obernolte²

Zusammenfassung

In der Versuchsanlage Wielenbach des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) werden seit 2013 vier Lysimeter unterschiedlicher Bodentypen mit Energiemais bepflanzt. Ende Mai/Anfang Juni wird eine Mischung aus Pflanzenschutzmitteln (PSM) bestehend aus den Wirkstoffen Terbutylazin, Metolachlor, Nicosulfuron und Prosulfuron ausgebracht. Dabei erfolgte die Ausbringung von Nicosulfuron nur im Jahr 2013 und 2016, da eine jährliche Anwendung nicht zulässig ist. Prosulfuron ist erst seit 2015 in der PSM-Mischung enthalten. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass jeweils kurz nach der Anwendungszeit deutliche Konzentrationspeaks der PSM im Sickerwasser zu beobachten sind. Dabei wurden von Metolachlor, Terbutylazin, Nicosulfuron und Prosulfuron Maximalkonzentrationen von 73 µg/l, 42 µg/l, 27 µg/l bzw. 6,8 µg/l gemessen. Die Verlagerung der PSM im Boden ist stark von der Niederschlagshöhe kurz nach der Anwendungszeit und vom Bodentyp abhängig. Die Konzentrationen der Metaboliten im Sickerwasser zeigen über den Versuchszeitraum eine steigende Tendenz. Von Metolachlorsulfonsäure wurden Konzentrationen von bis zu 130 µg/l im Lysimetersickerwasser gemessen.

Schlagwörter: Energiemais, Metolachlor, Terbutylazin, Nicosulfuron, Lysimeter

Summary

Since 2013 four lysimeters with different soil types have been cultivated with maize for biogas production at the Bavarian Environment Agency's experimental plant in Wielenbach. A mixture of terbutylazine, metolachlor, nicosulfuron and prosulfuron is applied at the end of May/beginning of June. Nicosulfuron was only applied in 2013 and 2016 as an annual application is not permitted. Prosulfuron has been added to the mixture since 2015. Concentration peaks of pesticides were observed in the leachate shortly after application. Maximum concentrations of 73 µg/l, 42 µg/l, 27 µg/l and 6,8 µg/l were detected for metolachlor, terbutylazine, nicosulfuron and prosulfuron. Furthermore the transport of the pesticides varies depending on the soil type and the amount of precipitation shortly after the application of the pesticides. Concentrations of metabolites in the leachate of the lysimeters show an ascending trend with time. Metolachlorosulfonic acid was identified with a maximum concentration of 130 µg/l in lysimeter leachate.

Keywords: maize for biogas, metolachlor, terbutylazine, nicosulfuron, lysimeter

Einleitung

In Bayern stehen knapp 30 % der fast 8.000 Biogasanlagen Deutschlands [1][2]. Von 2003 bis 2015 hat sich die Zahl der Biogasanlagen in Bayern nahezu vervierfacht [2]. Als Energiepflanze wird Mais (bzw. Maissilage) in Biogasanlagen bevorzugt verwendet, da er in Relation zur benötigten Anbaufläche einen sehr hohen Biogasertrag aufweist. Demzufolge nahm die Silomaisanbaufläche in Bayern von 2008 bis 2015 um 25 % zu [3]. Nachteilige Auswirkungen auf Grund- und Oberflächengewässer durch den erhöhten Maisanbau als Folge des verstärkten Ausbaus von Biogasanlagen können nicht ausgeschlossen werden. Lysimeteruntersuchungen sollen daher genauere Erkenntnisse zum Verlagerungsverhalten von vier ausgewählten PSM und ihrer Metaboliten im Boden und somit zum Auswaschungspotential ins Grundwasser unter Freilandbedingungen liefern.

Material und Methoden

In der Versuchsanlage Wielenbach des LfU werden seit 2013 vier Lysimeter (Fläche 1 m², Tiefe 2 m) unterschiedlicher Bodentypen sowie das umliegende Feld (ca. 30 m²) mit Energiemais bepflanzt (12 Pfl./m²). Durch die Bepflanzung der umliegenden Fläche soll das Auftreten von Randeffekten auf den Lysimetern vermieden werden. Bei Lysimeter 1 handelt es sich um einen Boden der Münchner Schotterebene. Die oberen 30 cm wurden mit Humus aufgefüllt. Darunter folgt bis in 50 cm Tiefe der humose Oberboden. Ab 50 cm Tiefe besteht der Boden aus einem sandigen Kies. Bei dem Ackerboden Lysimeter 2 handelt es sich um einen Braunerde-Pseudogley aus Gneiszersatz. Die Braunerde aus Lößlehm über risszeitlicher Grundmoräne von Lysimeter 7 wurde ebenfalls auf einem Ackerstandort gestochen. Der Boden für Lysimeter 8 stammt vom Gelände des LfU in Wielenbach und ist als Flusstalfüllung der Ammer charakterisiert.

¹ Bayerisches Landesamt für Umwelt, Ref. 76 Stoff- und Chemikalienbewertung, Demollstraße 31, D-82407 WIELENBACH

² Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, SCHLESWIG-HOLSTEIN

* Ansprechpartner: Claudia Strauß, claudia.strauss@lfu.bayern.de





Abbildung 1: Maisfeld der Lysimeteranlage Wielenbach, darin eingebettet die vier Lysimeter.

Tabelle 1: Pflanzenschutzmittelmischung für Lysimeter.

Mittel	Wirkstoff	Menge Wirkstoff [g/l]	Menge Mittel [l/ha]	Wasserzugabe [l/ha]	Soll-Wirkstoffmenge auf Lysimeterfeld [mg/m ²]	Tatsächl. ausgebrachte Wirkstoffmenge 2013/ 2014/ 2015/ 2016 [mg/m ²]
Gardo Gold	Metolachlor	312,5	3	300	93,75	46,13/ 117,3/ 96,0/ 81
	Terbuthylazin	187,5	3	300	56,25	33,2/ 80,7/ 78,0/ 45
Milagro forte	Nicosulfuron	60	0,6	300	3,6	7,61/ - / - / 5,1
Peak	Prosulfuron	750 [g/kg]	0,015	300	1,125	- / - / 2,5/ 1,7

Jeweils Ende Mai bzw. Anfang Juni wird jährlich nach Empfehlung der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) eine PSM-Mischung bestehend aus den Wirkstoffen Terbuthylazin und Metolachlor entsprechend der guten fachlichen Praxis nach Anwendungsvorschrift ausgebracht (Tabelle 1). Die Ausbringung von Nicosulfuron erfolgte nur im Jahr 2013 und 2016, da eine jährliche Anwendung nicht zulässig ist. Zudem wurde ab dem Jahr 2015 das Maisherbizid Prosulfuron ausgebracht. Um eine ausreichende Versorgung mit Nährstoffen zu gewährleisten, wird die Fläche nach guter landwirtschaftlicher Praxis gedüngt. Die Maisernte fand 2013 und 2014 jeweils Ende Oktober statt. 2015 erfolgte die Maisernte aufgrund der sommerlichen Trockenheit bereits Ende September und 2016 Anfang Oktober.

Das Sickerwasser der einzelnen Lysimeter wird aufgefangen und anschließend auf die vier ausgebrachten PSM sowie auf zwei Metaboliten von Metolachlor (Metolachlorsäure und Metolachlorsulfonsäure) und fünf Terbuthylazin-Metaboliten (Desethylterbuthylazin, Terbuthylazin-2-OH, Desethylterbuthylazin-2-OH, Terbuthylazin 1 SYN 545666 und Terbuthylazin 2 CGA 324007) untersucht. Die Analytik der PSM und Metaboliten erfolgt mittels HPLC-MS/MS (Nachweisgrenzen liegen zwischen 0,01 µg/l und 0,03 µg/l). Neben den PSM werden in den Sickerwasserproben zudem Nährstoffgehalte, Leitfähigkeit und pH-Wert bestimmt. Die Beprobung erfolgt bei ausreichender Sickerwassermenge etwa in einem zweiwöchentlichen Rhythmus. In den Wochen nach der PSM-Anwendung findet, soweit möglich, eine höher aufgelöste Beprobung statt, um den erwarteten Konzentrationspeak möglichst detailliert zu erfassen. Die tatsächlich ausgebrachte Wirkstoffmenge der einzelnen Stoffe wird über die Analyse und Menge der jährlich aufgegebenen Stammlösung ermittelt. Die Berechnung der

Frachten erfolgt mittels der bestimmten Konzentrationen im Sickerwasser sowie der angefallenen Sickerwassermenge. Da nicht jede Sickerwasserprobe analysiert wird, stellen die ermittelten Gesamtfrachten eine Hochrechnung dar.

Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 2 bis Abbildung 9 sind die Ergebnisse der gemessenen Konzentrationen der untersuchten Herbizide und deren Metaboliten sowie die Werte der täglichen Sickerwassermenge von Mai 2013 bis Oktober 2016 dargestellt. Zu beachten ist die unterschiedliche Skalierung der PSM-Konzentrationen auf der Y-Achse. Im Sickerwasser von Lysimeter 1, 2 und 7 sind jeweils kurz nach der Anwendungszeit deutliche Konzentrationspeaks der PSM zu beobachten. Die Maximalkonzentrationen von Metolachlor, Nicosulfuron und Prosulfuron wurden mit 73 µg/l, 27 µg/l und 6,8 µg/l im Sickerwasser von Lysimeter 2 und für Terbuthylazin mit 42 µg/l in Lysimeter 1 gefunden. Des Weiteren fällt auf, dass in Lysimeter 1, 2 und 7 der Sulfonylharnstoff Nicosulfuron ab Winter 2015/2016 erneut im Sickerwasser auftritt, obwohl seit Frühjahr 2013 keine weitere PSM-Ausbringung dieses Wirkstoffes mehr erfolgte (eine erneute Applikation von Nicosulfuron erfolgte erst im Frühjahr 2016) und er seit Herbst 2014 nicht mehr im Sickerwasser nachweisbar war. Der Grund hierfür ist vermutlich, dass in den vorangegangenen Monaten kein (oder nur sehr wenig) Sickerwasserfluss aus den Lysimetern stattfand und es möglicherweise zu einer Aufkonzentration des aus dem Boden freigesetzten Nicosulfurons kam. Die Flusstalfüllung der Ammer in Lysimeter 8 unterscheidet sich sehr stark von den anderen drei Lysimetern. Die Maximalkonzentrationen von Metolachlor und Terbuthylazin weisen mit jeweils 0,04 µg/l deutlich niedrigere Werte auf.

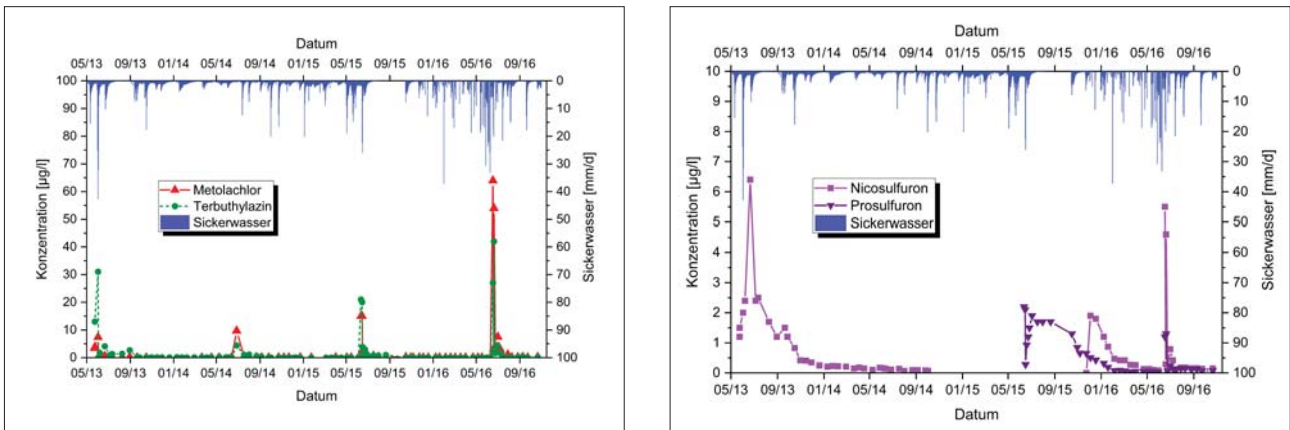


Abbildung 2: Konzentrationen von Metolachlor, Terbutylazin (Grafik links), Nicosulfuron und Prosulfuron (Grafik rechts) im Sickerwasser sowie die angefallene tägliche Sickerwassermenge von Lysimeter 1.

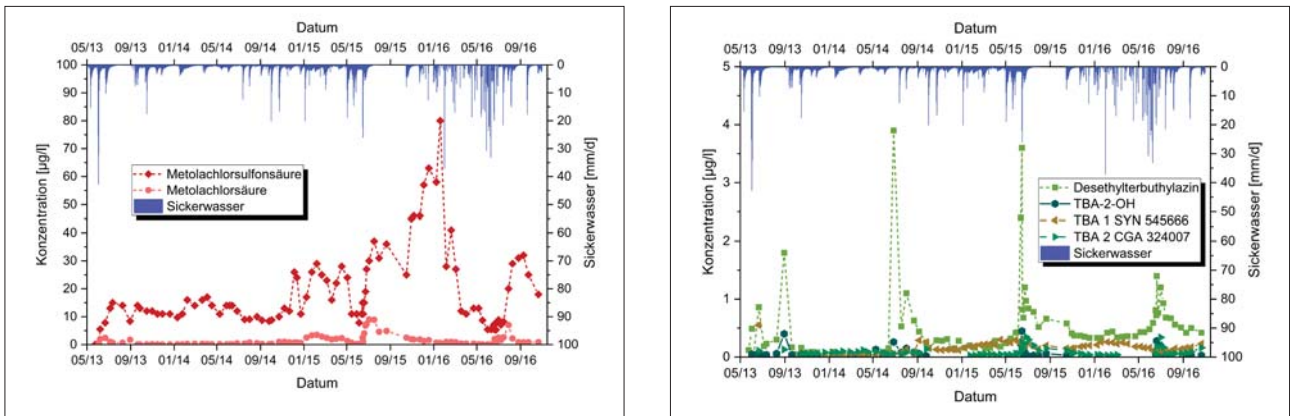


Abbildung 3: Konzentrationen der Metaboliten von Metolachlor (Grafik links) und Terbutylazin (Grafik rechts) im Sickerwasser sowie die angefallene tägliche Sickerwassermenge von Lysimeter 1.

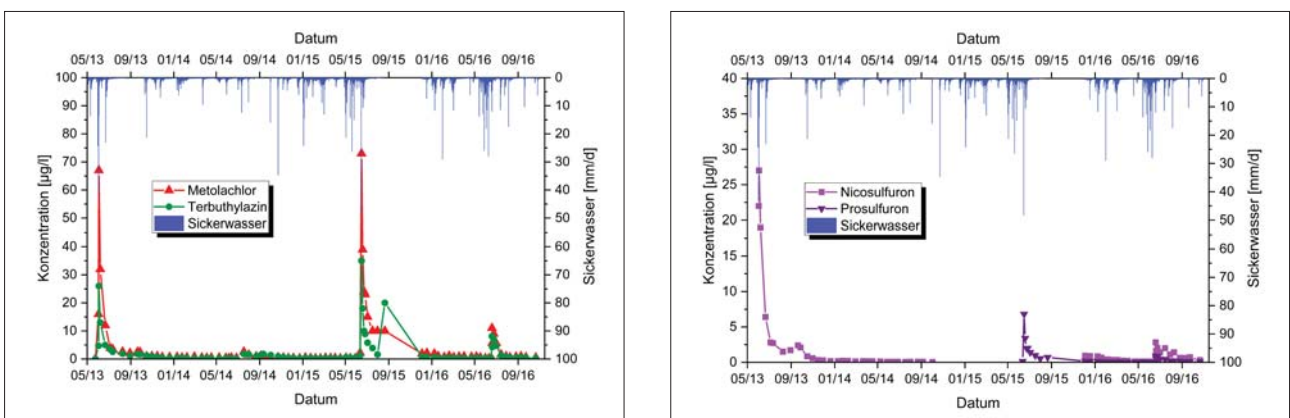


Abbildung 4: Konzentrationen von Metolachlor, Terbutylazin (Grafik links), Nicosulfuron und Prosulfuron (Grafik rechts) im Sickerwasser sowie die angefallene tägliche Sickerwassermenge von Lysimeter 2.

Nicosulfuron und Prosulfuron wurden im Sickerwasser von Lysimeter 8 nicht nachgewiesen. Betrachtet man den Verlauf der Metolachlormetaboliten Metolachlorsäure und Metolachlorsulfonsäure über den Versuchszeitraum so fällt auf, dass bei Lysimeter 1, 2 und 7 ein aufsteigender Trend zu verzeichnen ist. Ebenso bei den Terbutylazin-Metaboliten Desethylterbutylazin und Terbutylazin 1 SYN 545666. Die Maximalkonzentrationen von Metolachlorsulfonsäure,

Metolachlorsäure, Desethylterbutylazin und Terbutylazin 1 SYN 545666 lagen bei 130 µg/l, 61 µg/l, 12 µg/l und 1,1 µg/l und wurden jeweils im Sickerwasser von Lysimeter 2 nachgewiesen. Lysimeter 8 unterscheidet sich deutlich von den anderen drei Lysimetern. Hier verhält sich die Konzentration von Metolachlorsulfonsäure erst relativ konstant und auf sehr niedrigem Niveau. Ab Januar 2015 ist allerdings ebenfalls ein Anstieg der Konzentration dieses

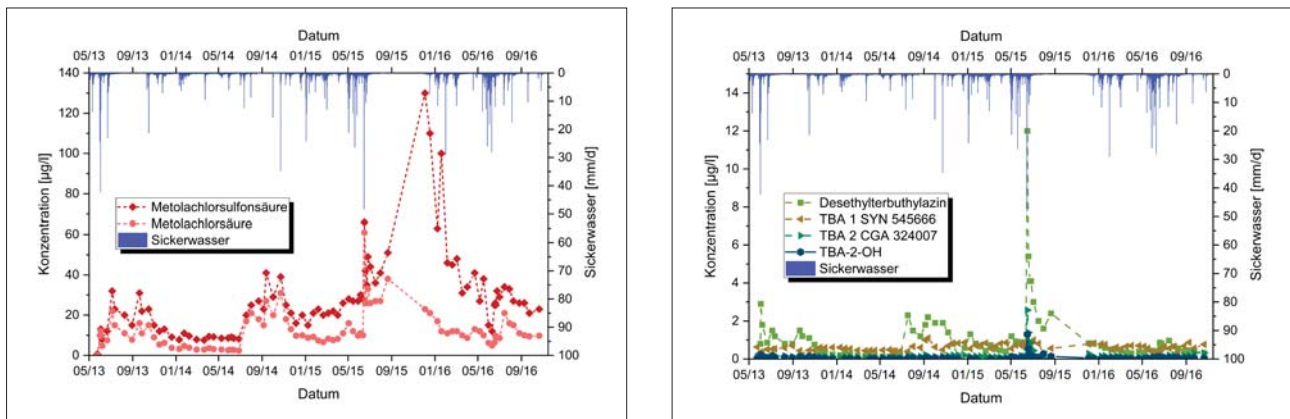


Abbildung 5: Konzentrationen der Metaboliten von Metolachlor (Grafik links) und Terbutylazin (Grafik rechts) im Sickerwasser sowie die angefallene tägliche Sickerwassermenge von Lysimeter 2.

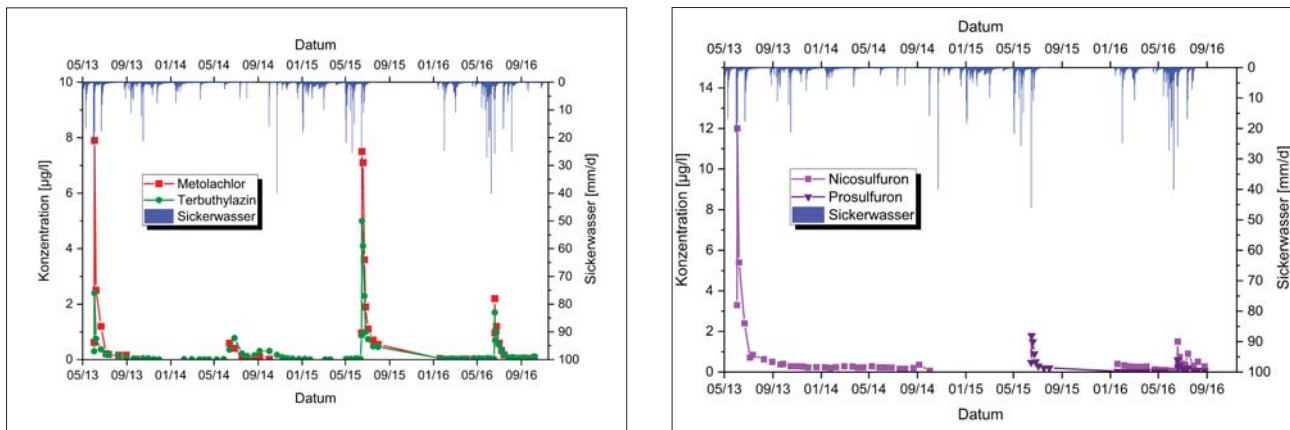


Abbildung 6: Konzentrationen von Metolachlor, Terbutylazin (Grafik links), Nicosulfuron und Prosulfuron (Grafik rechts) im Sickerwasser sowie die angefallene tägliche Sickerwassermenge von Lysimeter 7.

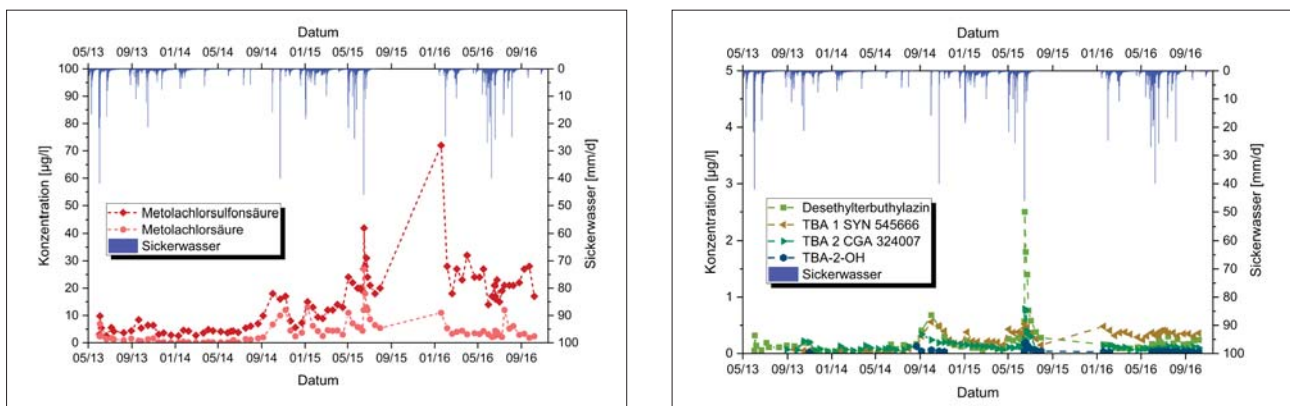


Abbildung 7: Konzentrationen der Metaboliten von Metolachlor (Grafik links) und Terbutylazin (Grafik rechts) im Sickerwasser sowie die angefallene tägliche Sickerwassermenge von Lysimeter 7.

Metaboliten zu verzeichnen. Bei allen weiteren Metaboliten ist in Lysimeter 8 kein Trend erkennbar.

Vergleicht man die jeweils nach der PSM-Applikation gefallene Niederschlagsmenge der einzelnen Jahre so ergibt sich folgendes Bild: In den ersten 3 Tagen nach der PSM-Applikation fielen 2013 69 mm Niederschlag. In den Jahren 2014 und 2015 fand dagegen in den ersten 3 Tagen kein Niederschlagsereignis statt (vergleiche *Abbildung 10*). 2016 fielen in den ersten 3 Tagen nach der Aufbringung 33 mm

Niederschlag. Betrachtet man die Niederschlagsmenge der ersten 7 Tage nach PSM-Aufbringung, so sind im Jahr 2013 bereits über 160 mm und 2015 immerhin 22 mm und 2016 56 mm gefallen. 2014 fiel dagegen in der ersten Woche nach PSM-Aufbringung mit 0,1 mm so gut wie kein Niederschlag. Auch die Niederschlagsmenge 2 Wochen nach der Aufbringung fällt 2014 mit insgesamt 2,6 mm sehr gering aus. Verglichen dazu fielen 2013 bereits über 180 mm, 2015 knapp 90 mm und 2016 knapp 80 mm Niederschlag in den

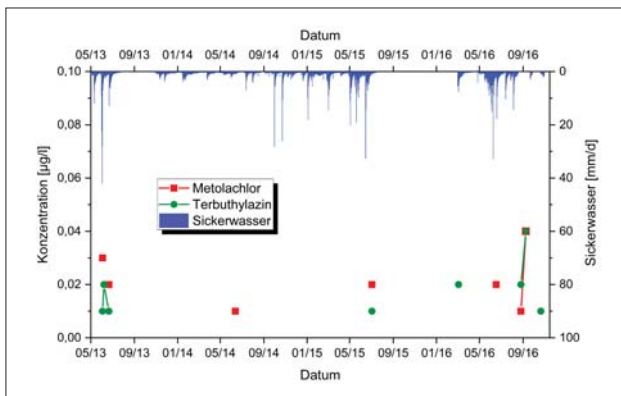


Abbildung 8: Konzentrationen von Metolachlor und Terbutylazin im Sickerwasser sowie die angefallene tägliche Sickerwassermenge von Lysimeter 8 (Nicosulfuron und Prosulfuron wurden im Sickerwasser nicht nachgewiesen).

ersten 2 Wochen nach Aufbringung. Vergleicht man die Niederschlagssumme 3 Wochen nach der Applikation, so fällt auf, dass das Jahr 2013 mit ca. 190 mm weiterhin die höchste Niederschlagssumme aufweist. 2015 fielen in den ersten 3 Wochen nach PSM-Aufbringung ca. 130 mm und 2016 ca. 90 mm Niederschlag. Das Jahr 2014 weist mit 22 mm deutlich die geringste Niederschlagssumme nach 3 Wochen auf. Dementsprechend wurden 2014 im Vergleich zu 2013, 2015 und 2016 tendenziell niedrigere maximale PSM-Konzentrationen im Sickerwasser der einzelnen Lysimeter gemessen, da die PSM langsamer in tiefere Bodenschichten verlagert wurden.

Abbildung 11 zeigt die Jahresniederschläge sowie die jährlichen Sickerwassermengen der vier Lysimeter, der Jahre 2013, 2014 und 2015. Es zeigt sich, dass im Jahr 2013 der Niederschlag mit 1016 mm deutlich höher ausgefallen ist als im Jahr 2014 (840 mm) und 2015 (849 mm). Dementsprechend weisen alle Lysimeter 2013 die höchste jährliche Sickerwassermenge auf. Obwohl 2014 und 2015 in etwa die gleiche Menge an Niederschlag fiel, ist bei allen Lysimetern 2015 mehr Sickerwasser angefallen als 2014. Von Lysimeter 2 liegen für das Jahr 2015 aus technischen Gründen leider keine Daten zur Sickerwassermenge vor.

Tabelle 2 zeigt die mittleren Konzentrationen der untersuchten Herbizide und Metaboliten im Sickerwasser der Lysimeter

1, 2, 7 und 8 im Zeitraum von der ersten PSM-Anwendung im Frühjahr 2013 bis zur PSM-Anwendung im Frühjahr 2016. Lysimeter 2 weist für alle PSM und Metaboliten die höchsten mittleren Konzentrationen auf. Einzige Ausnahme stellt der Metabolit Terbutylazin 2 CGA 324007 dar, welcher im Sickerwasser von Lysimeter 7 die höchste mittlere Konzentration aufweist. In den Lysimetern 1, 2 und 7 liegen alle berechneten mittleren Konzentrationen der PSM sowie des relevanten Metaboliten (rM) Desethylterbutylazin im Sickerwasser deutlich über dem Schwellenwert für PSM-Einzelsubstanzen im Grundwasser, der bei 0,1 µg/l liegt. Auffallend sind ebenfalls die hohen Werte des nicht relevanten Metaboliten (nrM) Metolachlorsulfonsäure (1,9 - 25,2 µg/l).

Aus Tabelle 3 ist ersichtlich, dass sich der Austrag bezogen auf die Aufwandmenge der ersten 3 Versuchsjahre (für Prosulfuron nur 1 Versuchsjahr) bei Lysimeter 2 und 7 wie folgt darstellt: Nicosulfuron > Metolachlor (mit Metaboliten) > Prosulfuron > Terbutylazin (mit Metaboliten). Lysimeter 1 weist abweichend dazu folgende Reihenfolge in der Austragshöhe auf: Metolachlor (mit Metaboliten) > Nicosulfuron > Prosulfuron > Terbutylazin (mit Metaboliten). Es sei erwähnt, dass Nicosulfuron im Vergleich zu Metolachlor und Terbutylazin nur im Jahr 2013 (und 2016, aber für Berechnung nicht relevant) aufgebracht wurde. Der stärkste Austrag fand im Braunerde-Pseudogley von Lysimeter 2 statt. Es wurden 40 % des eingesetzten Nicosulfurons, 21 % des Metolachlors (mit Metaboliten), 19 % des Prosulfurons und 2,9 % des Terbutylazins (mit Metaboliten) im Sickerwasser in 2 m Tiefe wiedergefunden. Die Braunerde aus Lößlehm in Lysimeter 7 zeigt einen vergleichbaren Austrag der einzelnen PSM, allerdings in einem geringeren Umfang. Unterscheidbar sind beide Böden durch den höheren Schluff-Anteil in Lysimeter 7. Der kiesige Boden der Münchner Schotterebene in Lysimeter 1 zeigt für alle PSM (mit Ausnahme von Terbutylazin) ein ähnliches Austragsverhalten von 10 bis 13 %. Lysimeter 8 zeigt ein sehr unterschiedliches Austragsverhalten verglichen mit den anderen drei Lysimetern. Hier werden die eingesetzten PSM am besten zurückgehalten. Nicosulfuron und Prosulfuron konnten im Sickerwasser von Lysimeter 8 nicht nachgewiesen werden.

Schlussfolgerungen

Bei den Lysimeteruntersuchungen sind jeweils kurz nach der Anwendungszeit deutliche Konzentrationspeaks der PSM zu beobachten. Dabei wurden Maximalkonzentrationen von

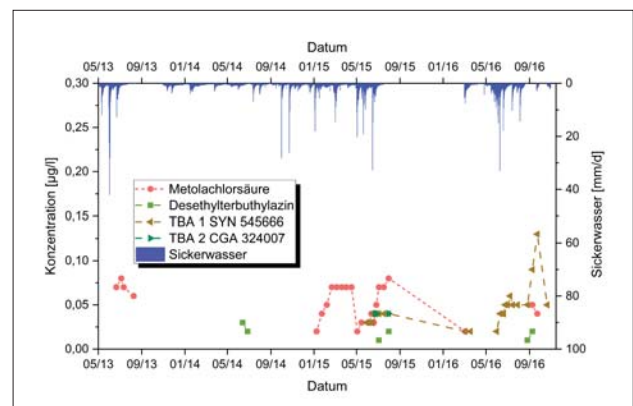
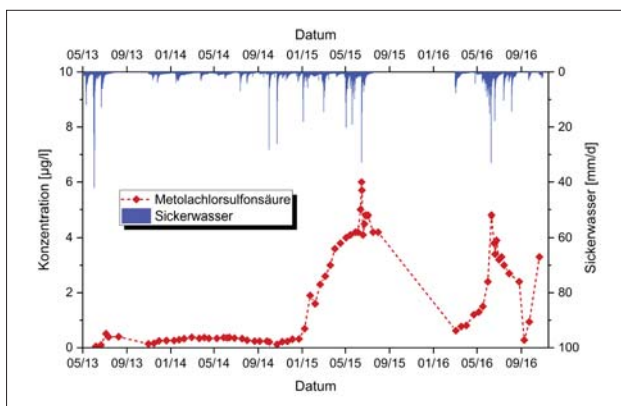


Abbildung 9: Konzentrationen der Metaboliten von Metolachlor Metolachlorsulfonsäure (Grafik links), Metolachlorsäure und Metaboliten von Terbutylazin (Grafik rechts) im Sickerwasser sowie die angefallene tägliche Sickerwassermenge von Lysimeter 8.

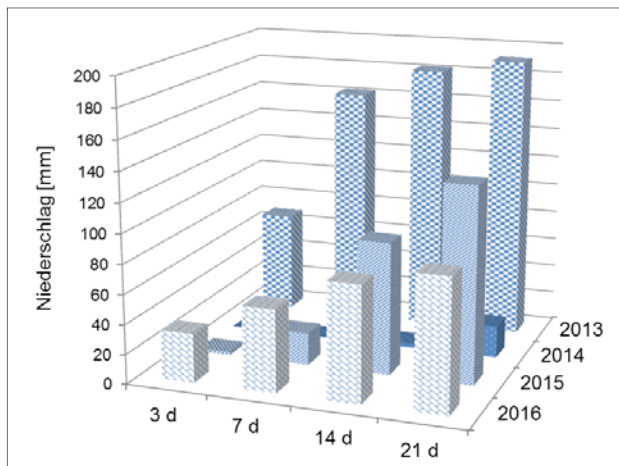


Abbildung 10: Niederschlagssumme 3 Tage, 7 Tage, 14 Tage und 21 Tage nach PSM-Behandlung der Lysimeter im Jahr 2013, 2014, 2015 und 2016.

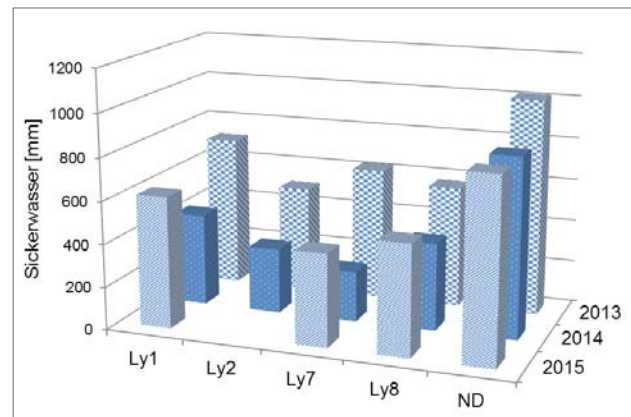


Abbildung 11: Jährliche Sickerwassermenge von Lysimeter 1, 2, 7 und 8 sowie Jahresniederschlag (ND) 2013, 2014 und 2015.

Tabelle 2: Mittlere Konzentrationen der untersuchten Herbizide und Metaboliten im Sickerwasser von Lysimeter 1, 2, 7 und 8 im Zeitraum der PSM-Ausbringung 2013 bis zur PSM-Ausbringung 2016 (* nrM).

PSM/Metabolit	Lysimeter 1 Mittlere Konzentration ($\mu\text{g/l}$)	Lysimeter 2 Mittlere Konzentration ($\mu\text{g/l}$)	Lysimeter 7 Mittlere Konzentration ($\mu\text{g/l}$)	Lysimeter 8 Mittlere Konzentration ($\mu\text{g/l}$)
Metolachlor	0,55	7,9	0,70	0,002
Terbuthylazin	1,5	4,0	0,36	0,001
Nicosulfuron	0,47	2,2	0,82	0
Prosulfuron	0,37	0,94	0,22	0
Metolachlorsulfonsäure*	17,1	25,2	14,6	1,9
Metolachlorsäure*	0,96	11,5	4,7	0,02
Desethylterbuthylazin	0,36	1,4	0,26	0,0002
Terbuthylazin-2-OH	0,02	0,05	0,02	0
Terbuthylazin 1 SYN 545666*	0,15	0,36	0,23	0,01
Terbuthylazin 2 CGA 324007*	0,05	0,09	0,12	0,0009

Tabelle 3: PSM-Austrag aus den Lysimetern im Zeitraum von der ersten PSM-Anwendung im Frühjahr 2013 bis zur vierten PSM-Anwendung im Frühjahr 2016 bezogen auf die Aufwandmenge 2013, 2014 und 2015.

	Terbuthylazin [%] (mit Metaboliten)	Metolachlor [%] (mit Metaboliten)	Nicosulfuron [%]	Prosulfuron [%]
Lysimeter 1	2,1	13	12	10
Lysimeter 2	2,9	21	40	19
Lysimeter 7	0,8	8,8	14	4,2
Lysimeter 8	0,009	1,0	0	0

Metolachlor, Terbuthylazin, Nicosulfuron und Prosulfuron von 73 $\mu\text{g/l}$, 42 $\mu\text{g/l}$, 27 $\mu\text{g/l}$ und 6,8 $\mu\text{g/l}$ im Sickerwasser gefunden. Die Ergebnisse zeigen zudem, dass die Verlagerung der PSM im Boden stark von der Niederschlagshöhe kurz nach der Anwendungszeit und vom Bodentyp abhängig ist. Längere Phasen ohne Sickerwasserfluss können zur Freisetzung des Sulfonylharnstoffs Nicosulfuron aus dem Boden und zu einer Aufkonzentration dieses Wirkstoffes im Sickerwasser führen. In drei von vier Lysimetern liegen die berechneten mittleren Konzentrationen der PSM sowie des nrM Desethylterbuthylazin im Sickerwasser deutlich über dem Schwellenwert von 0,1 $\mu\text{g/l}$ für PSM-Einzelsubstanzen im Grundwasser. Die untersuchten Metaboliten werden im Sickerwasser mit steigender Tendenz nachgewiesen. Der nrM Metolachlorsulfonsäure wird im Sickerwasser von allen vier Lysimetern nachgewiesen. Die maximal gemessene Konzentration dieses nrM von Metolachlor liegt bei

130 $\mu\text{g/l}$ und die mittleren Konzentrationen zwischen 1,9 und 25,2 $\mu\text{g/l}$.

Danksagung

Wir bedanken uns beim Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz für die Finanzierung des Projektes.

Literatur

- [1] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): Mediathek, <http://www.fnr.de/basisdaten/bioenergie/biogas.html>
- [2] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): Biogas in Zahlen – Statistik zur bayerischen Biogasproduktion http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iba/dateien/biogas_in_bayern_anlagenzahl_2015.pdf
- [3] Deutsches Maiskomitee e.V. (DMK): Gesamtflächenentwicklung Maisanbau, http://www.maiskomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Statistik/Deutschland/Gesamtflächen-_entwicklung