

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Fachgruppe Anwendungstechnik¹ und Institut für Unkrautforschung², Braunschweig

Ergebnisse aus Abdriftmessungen mit einem Spritzzug

Drift measurements for a spraying train

Hans-Jürgen Wygoda¹, Dirk Rautmann¹, Heinz Ganzelmeier¹, Peter Zwerger², Sabine Gebauer¹

Zusammenfassung

Zur Sicherstellung des ordnungsgemäßen Betriebs von Gleisanlagen in Deutschland müssen jährlich mehrere 10 000 Streckenkilometer mit nicht selektiven Herbiziden behandelt werden. Zum Abdriftverhalten dieser notwendigen Spritzungen lagen bisher für nach dem neuesten Stand der Technik ausgerüstete Spritzzüge keine Kenntnisse vor. Im Jahr 2005 durchgeführte Messungen zur direkten Abdrift sollen darüber Auskunft geben. Als repräsentativer Versuchsstandort wurde eine Fahrstrecke zwischen Wittingen und Wieren (Niedersachsen) am Kilometer 45 gefunden. Die beidseitig am Gleis liegenden Flächen waren optimal für die Versuchsdurchführungen geeignet. Für die Abdriftmessungen stand ein Spritzzug B1 der Firma Bayer CropScience zur Verfügung. Die applikationstechnischen Einstellungen wurden praxisnah vorgenommen und beinhalteten eine Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h, eine Sollausbringung von 600 l/ha, einen Spritzdruck von 1,5 bar und eine Arbeitsbreite von 5,50 m. Die Versuche wurden mit zwei verschiedenen Düsentypen durchgeführt. Der Versuchsaufbau orientierte sich an der BBA-Richtlinie 2.1-1 für die Messung der direkten Abdrift beim Ausbringen von flüssigen Pflanzenschutzmitteln im Freiland. Als Probennehmer wurden Petrischalen verwendet. Als Versuchsflüssigkeit kam eine fluoreszierende Tracerflüssigkeit zum Einsatz. Im Labor wurde der sedimentierte Farbstoff von den Petrischalen abgewaschen und die Sedimentmenge mittels eines Fluorometers bestimmt. Die Ergebnisse – berechnete 90. Perzentile – wurden mit vorhandenen Abdrifteckwerten des Ackerbaus verglichen. Die aus den Spritzzugversuchen ermittelten Abdriftsedimente fallen im Vergleich zu denen des Ackerbaus sehr gering aus. Zwischen den Düsenvarianten lassen sich im Abdriftverhalten keine Unterschiede feststellen. Aus applikationstechnischer Sicht sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine Verbesserungen nötig.

Stichwörter: Gleisanlagen, Abdrift, Expositionsmessung

Abstract

More than 10 000 km of railway lines in Germany are treated with non-selective herbicides every year to guarantee the proper work on track systems. There have not been available any drift data from spraying trains equipped with the latest technology. To fill this gap, direct drift measurements were carried out in 2005. The line between Wittingen and Wieren (Lower Saxony) at kilometre 45 was chosen as representative experimental site. The treated area lied along both sides of the track and was highly suitable for the purpose. The experiment used spraying train B1 of Bayer CropScience. Application data were close to practical con-

ditions: speed 40 km/h, target application rate 600 l/ha, spray pressure 1.5 bars and working width 5.50 m. Two types of nozzles were used. The experimental design was based on BBA guideline 2.1-1 for the measurement of direct drift from application of liquid pesticides in the open. Sampling devices were Petri dishes. As experimental liquid a fluorescing tracer liquid was used. A fluorometer was used to identify in laboratory soil sediments. For comparison with basic drift values (arable farming) the 90th percentiles were calculated.

Drift sediments calculated for the spraying train were very low compared to those from arable farming. Differences resulting from the nozzle types were not found. At present it is not possible to further improve application technology.

Key words: track systems, spray drift, exposure measurement

Einleitung

Zur Sicherstellung des ordnungsgemäßen Betriebs sowie zur Vermeidung von Behinderungen des Zugverkehrs auf Gleisanlagen in Deutschland müssen jährlich mehrere 10 000 Streckenkilometer mit nicht selektiven Herbiziden behandelt werden. Diese Behandlungen sind zwingend notwendig, weil der Oberbau einer Gleisanlage die Fahrzeuge tragen und gleichzeitig führen muss. Die beim Fahrzeuglauf auftretenden senkrechten und waagerechten Kräfte werden von der Schiene aufgenommen und auf die Schwellen, die in einer Schotterbettung verlegt sind, übertragen. Der Schotter hat die Aufgabe, den Schwellen und damit der Fahrbahn einen ausreichenden Widerstand gegen Quer- und Längsverschiebungen entgegenzusetzen, eine gute Luft- und Wasserdurchlässigkeit zu gewährleisten sowie die Last auf den Untergrund zu übertragen. Unkrautbewuchs im Gleisbett und an den Schotterflanken führt zu vielfältigen Beeinträchtigungen der Funktionsfähigkeit und des Gleiskörpers. Damit der Schotter seine Tragfähigkeitseigenschaften für hohe Lasten behält, muss er möglichst frei von Feinbestandteilen, Pflanzen und Wurzeln sein. Unkontrollierter Pflanzenwuchs im und am Gleis beeinträchtigt zudem die uneingeschränkte Sicht auf die Oberbauanlagen und niedrig stehende Signale. Auch aus Gründen des Arbeits- und Unfallschutzes für die im und am Gleis tätigen Mitarbeiter ist eine aufwuchsfreie Gleisanlage einschließlich des Randwegs notwendig (EGGERS und ZWERGER, 2002; ZWERGER, 2002).

Zur Entfernung der Pflanzen werden heutzutage neben präventiven Maßnahmen (baulicher und biologischer Natur) nach wie vor chemische Mittel angewandt. Der Herbizidverbrauch konnte immerhin in den letzten Jahrzehnten ständig (von etwa 600 t/Jahr auf gegenwärtig etwa 100 t/Jahr) reduziert wer-

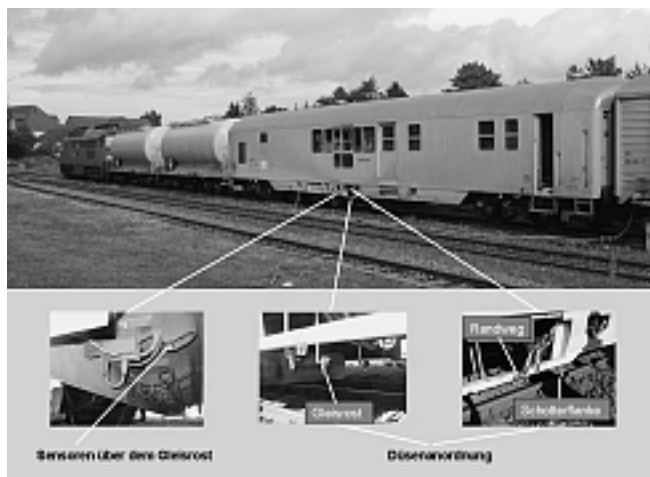


Abb. 1. Spritzzug B1 mit Detailbildern zur Applikationsanlage des Spritzwagens.



Abb. 2. Fahrstrecke des Spritzzuges in Richtung Wieren (Norden).

den. Die Ausbringung der Herbizide erfolgt dabei im Wesentlichen mit speziell ausgerüsteten Spritzzügen; daneben kommen ergänzend auch entsprechend ausgestattete Zweibege-Fahrzeuge zum Einsatz.

Kenntnisse zum Abdriftverhalten von Pflanzenschutzmitteln während der Ausbringung liegen für den Acker-, Obst-, Wein- und Hopfenbau schon seit vielen Jahren vor und wurden von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) veröffentlicht. Aktuelle Ergebnisse zur Abdrift von Spritzzügen und Zweibege-Fahrzeugen auf Gleisen lagen dagegen bisher noch nicht vor. Deshalb wurden 2005 von der Fachgruppe Anwendungstechnik der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Kooperation mit den Firmen Bayer CropScience Deutschland GmbH und Spiess-Urania Chemicals GmbH, Bereich Bahn, sowie der Deutschen Bahn AG Messungen zur direkten Abdrift mit dem Ziel, erste Erkenntnisse zur Abdrift beim Spritzen von Gleisanlagen zu gewinnen, durchgeführt.

Material, Methoden und Durchführung

Für die Abdriftversuche stand ein moderner Spritzzug B1 der Firma Bayer CropScience zur Verfügung. Dieser Spritzzug setzt sich aus zwei Kesselwagen für Brauchwasser (mit jeweils 60 m³ Inhalt), einem Spritzwagen, einem Werkstattwagen und zwei Wohnwagen zusammen und umfasst damit eine Länge von nahezu 100 m (Abb. 1).

Kernstück des Spritzzuges bildet der Spritzwagen. Ausgerüstet mit moderner Technik der Direkteinspeisung erfolgt das Sprit-

zen computer- und sensorgesteuert. Die Applikationsanlage besteht aus 2 separaten Spritzbalken mit je 10 Düsen, von denen 4 Düsen auf den Gleisrost, je 1 Düse auf jeder Zugseite auf die Schotterflanke und je 2 Düsen auf jeder Zugseite auf den Randweg spritzen. Die auf den Gleisrost ausgerichteten Düsen werden dabei durch Sensoren gesteuert. Die auf den Randweg und die Schotterflanke ausgerichteten Düsen werden je nach Bedarf handgesteuert. Die Arbeitsbreite des Spritzbalkens beträgt bei allen geöffneten Düsen 5,50 m.

Die Einstellung der Applikationsanlage des Spritzzuges erfolgte praxisrelevant und war durch eine Sollausbringungsmenge von 600 l/ha, eine Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h und einem Spritzdruck von 1,5 bar gekennzeichnet.

Für die Abdriftversuche kamen 2 verschiedene Düsentypen zum Einsatz. Neben den von der Firma Bayer CropScience verwendeten Löffeldüsen wurden auch die von der Firma Spiess-Urania verwendeten Flachstrahldüsen einbezogen.

Die Angaben zu den beiden Düsentypen sind in Tabelle 1 enthalten.

Bedingt durch unterschiedliche Düsendurchflussmengen kam es zwischen den Varianten zu geringfügigen Abweichungen von der gewünschten Ausbringungsmenge. Aus den Aufzeichnungen des Bordcomputers im Spritzwagen ergaben sich für die Versuche mit Löffeldüsen (Versuche B1-04-05 und B2-04-05) 595 l/ha und für die Versuche mit Flachstrahldüsen (Versuche U1-04-05 und U2-04-05) 664 l/ha.

Die Versuche wurden am 26. April 2005 – in Niedersachsen – auf einer Gleistrasse zwischen Wittingen und Wieren (in der Nähe von Bad Bodenteich) durchgeführt. Das Gleis dieser Trasse verläuft in Nord-Süd Ausrichtung, so dass bei den zumeist vorherrschenden Hauptwindrichtungen aus West oder Ost gute Messbedingungen gegeben sind.

Die neben dieser Trasse angrenzenden Flächen waren beidseitig eben, nahezu hindernisfrei und ausreichend lang und breit und damit sehr gut für die Durchführung von Abdriftversuchen geeignet (Abb. 2 und 3). Die für das Befahren dieser eingleisigen Strecke mit dem Spritzzug notwendige Freigabe wurde von Bayer CropScience bei der Deutschen Bahn AG beantragt. Am Versuchstag waren 4 Fahrten mit dem Spritzzug innerhalb des auf dieser Gleistrasse bestehenden Fahrplanes vorgesehen.

Der Versuchsaufbau wurde nach der BBA-Richtlinie 2.1-1 für die Messung der direkten Abdrift beim Ausbringen von flüssigen Pflanzenschutzmitteln im Freiland vorgenommen. Die Probennehmer wurden in 3 Wiederholungen quer zu den Gleisen in den Abständen 3, 5, 10, 15, 20, 30 und 50 m zum Fußpunkt der Gleis-

Tab. 1. Angaben zu den Düsen



Löffeldüse (Bayer CropScience)		Anzahl	Düsendurchfluss bei	
			1 bar	2 bar
Gleisrost	P 5060	4	13,7	19,3
Schotterflanke	P 4080	2 x 1	18,2	26,0
Randweg (60 cm)	P 35100	2 x 2	23,0	32,0
Flachstrahldüse (Spiess Urania)		Anzahl	Düsendurchfluss bei	
			1 bar	2 bar
Gleisrost	U 80100	4	23,0	32,0
Schotterflanke	U 80100	2 x 1	23,0	32,0
Randweg (60 cm)	U 25100	2 x 2	23,0	32,0



Abb. 3. Messfläche mit ausgelegten Proben.

anlage mit je 10 Petrischalen aufgestellt (Abb. 4). Der Abstand zwischen den Probennehmern (Petrischalen mit einer Grundfläche von 145 cm²) betrug dabei 2 m. Um Verschmutzungen der Probennehmer zu vermeiden und den Fluoreszenzabbau durch UV-Lichteinfluss möglichst gering zu halten, wurden die Probennehmer erst ca. 5 Minuten vor der Durchfahrt des Spritzzuges freigegeben und etwa nach der gleichen Zeit wieder abgedeckt. Das Einsammeln der Proben erfolgte entgegen der Windrichtung, um keine Fremdbelastungen zu erzeugen.

Das Aufstellen von Probennehmern am 1-m-Abstandspunkt zum Gleisbett war durch die vorhandene Bahndammschräge nicht möglich. Somit kamen je Versuch in jeder Wiederholung 70 und insgesamt 210 Probennehmer zum Einsatz.

Die meteorologischen Versuchsbedingungen – Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Windrichtung – wurden mit einer Wetterstation Huger WM 918 erfasst. Der Standort der Wetterstation befand sich luvseitig von der Versuchsfläche etwa 20 m von den Bahngleisen entfernt. Die Messung der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung erfolgte in ca. 2 m Höhe, wobei Messwerte über eine Zeitspanne von ca. 2 Minuten im 5-sec-Takt aufgezeichnet wurden. Am Versuchstag wehte ein Wind aus östlicher Richtung mit vereinzelt Böen.

Als Tracer kam „Brillantsulfolavin“ der Firma Chroma zum Einsatz. Der Tracer (ca. 8 kg) wurde im kleineren Brauchwasserbehälter des Spritzzuges (mit 20 000 l Wasserinhalt) bereits am 20. April 2005 am Standort des Zuges in Wolfenbüttel angesetzt. Um laboranalytische Beeinflussungen durch Herbizid-Rück-

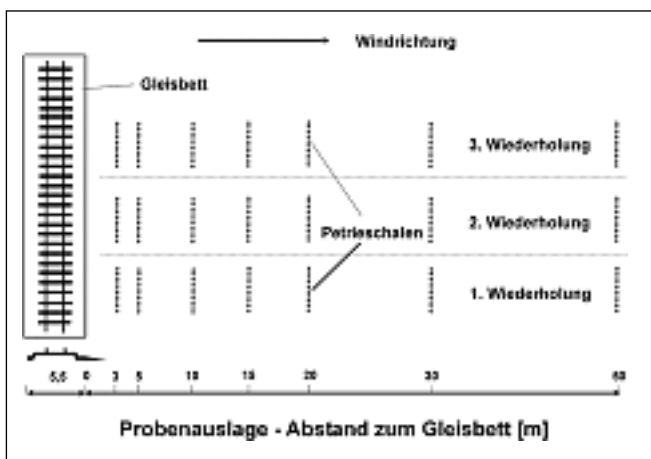


Abb. 4. Schematische Darstellung der Probenauslage.

Tab. 2. Wetterdaten bei der Versuchsdurchführung am 26. April 2005

	Versuch B1-04-05	Versuch U1-04-05	Versuch B2-04-05	Versuch U2-04-05
Uhrzeit	10:00	11:00	13:45	14:56
Temperatur [°C]	10,6	12,5	15,4	16,8
Luftfeuchtigkeit [%]	47	41	34	34
Windgeschwindigkeit*) [m/s]	3,4	4,0	3,4	2,9
Windrichtung*) [°]	188	206	144	185
Sollwindrichtung [°]	180	180	180	180
Bewölkung [%]	85	60	20	30

*) Durchschnittswert während der Versuchsdurchführung

standsreste auszuschließen, wurden der Brauchwasserbehälter und das Leitungssystem zuvor reichlich gespült. Trotz fehlender Mischeinrichtung im Brauchwasserbehälter gelang es, eine homogene Versuchsflüssigkeit zu erzielen, was Probenvergleiche am Tag des Ansetzens und am Tag der Versuchsdurchführung (nach Beendigung der Versuche) bestätigten. Das Ausspritzen des Tracers erfolgte über eine Fahrstrecke von ca. 500 m entlang der Versuchsfläche. Diese Entfernungsdistanz garantierte die vollständige Erfassung der Abdriftwolke auf der Messstrecke auch noch bis zu den nach der Richtlinie für die Prüfung von Pflanzenschutzgeräten tolerierbaren Windrichtungsschwankungen.

Zur Probenaufbereitung wurde eine Laborschüttelmaschine „SM 25“ der Firma Bühler eingesetzt. Die Extraktion des Farbstoffes aus den Petrischalen erfolgte mit 40 ml destilliertem Wasser und einem Klarspüler-Zusatz (1,4 ml Calgonit auf 5 l destilliertem Wasser) bei einer Umdrehungszahl von 90 U/min und einer Schüttelzeit von 10 Minuten, was ein nahezu vollständiges Auswaschen garantierte. Die Analyse der Farbstofflösung wurde mit einem Fluorometer „SFM 25“ der Firma Kontron vorgenommen. Die Geräteeinstellungen beinhalteten einen Excitationswert von 451 nm und einen Emissionswert von 495 nm. Als Kalibrierlösung wurde eine Verdünnung der Stammlösung (0,035 mg/l am Fluorometer auf 100 % gesetzt) verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Aus den laboranalytisch ermittelten Bodensedimenten wurden 90. Perzentile berechnet. Diese Werte sind für die durchgeführten Versuche in Abbildung 5 in einem doppelt-logarithmischen Diagramm dargestellt. Da entsprechende Vergleichswerte nicht verfügbar sind, aber eine Einordnung vorgenommen werden muss, werden die gemessenen Abdriftwerte mit den Abdrifteckwerten des Ackerbaus für Einfachanwendung verglichen.

Alle Abdriftwerte der Spritzzugversuche liegen weit unter denen der Basiswerte für den Ackerbau für Einfachanwendung. Im Entfernungsbereich von 3 m werden auf der Basis der 90. Perzentile sedimentierte Farbstoffmengen (in Prozent zur ausgebrachten Menge) zwischen 0,041 und 0,022 % und am 50-m-Punkt zwischen 0,0093 und 0,0017 % analysiert. Die beim Sprit-

Tab. 3. Abdrifteckwerte für das Spritzen von Gleisanlagen für Einfachanwendungen

Abstand [m]	Gleisanlage [%]
3	0,019
5	0,014
10	0,010
15	0,008
20	0,007
30	0,006
50	0,004

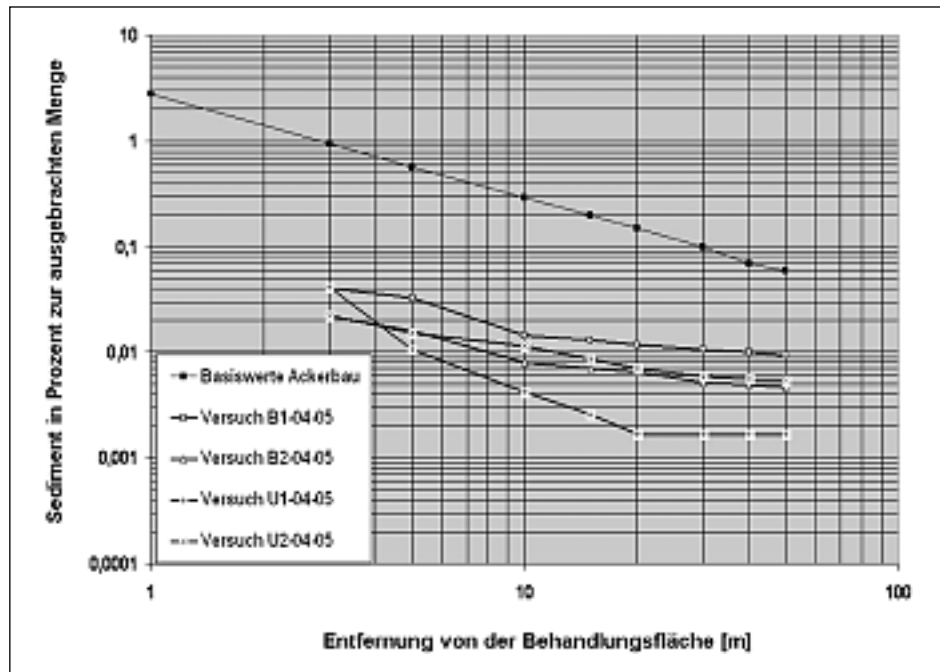


Abb. 5. Einstufung der Spritzzugversuche im Vergleich zu den Abdriftwerten des Ackerbaus für Einfachanwendung (Berechnungsbasis 90. Perzentile).

zen von Gleisanlagen mit dem Spritzzug gemessene Abdrift fällt damit im Vergleich zum Ackerbau sehr gering aus. Unterschiede zwischen den Düsenvarianten lassen sich unter Berücksichtigung der Versuchsbedingungen (Windgeschwindigkeit und Windrichtung) und dem Versuchsumfang nicht feststellen. Die Abdriftwerte des Versuches B1-04-05 fallen zwar gegenüber den Versuchen B2-04-05, U1-04-05 und U2-04-05 etwas höher aus, lassen sich aber durch eine relativ hohe Windgeschwindigkeit von 3,4 m/s bei nahezu idealer Sollwindrichtung begründen. Die Abdriftwerte des Versuches U1-04-05 liegen bis auf den 3-m-Punkt weit unter denen der anderen Versuche, wobei aber berücksichtigt werden muss, dass dieser Versuch stärkeren Abweichungen und Schwankungen von der Sollwindrichtung unterlag. Die Versuche B2-04-05 und U2-04-05 weisen nahezu identische Ergebnisse auf.

Die in der Abbildung 5 enthaltenen Abdriftergebnisse der Spritzzugversuche wurden im Januar 2006 an das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) übergeben. Auf dieser Basis wurden für auf Gleisanlagen einsetzbare Pflanzenschutzmittel unter Berücksichtigung möglicher Effektkonzentrationen Abdriftwerte für das Spritzen von Gleisanlagen (für Einfachanwendungen) berechnet und festgelegt. In Tabelle 3 werden Bodensedimente in Prozent zur ausgebrachten Menge – berechnet auf Basis der 90. Perzentile – für Abstände vom Behandlungsrand des Gleisbettes angegeben.

Die Abdriftwerte für das Spritzen von Gleisanlagen wurden im Bundesanzeiger Nr. 85 vom 5. Mai 2006, Seite 3527 veröffentlicht und sollen zukünftig bei der Bewertung von Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln und bei der Festlegung von Abständen zum Schutz von Gewässern und Nichtzielorganismen Berücksichtigung finden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden:

1. Die Ergebnisse dokumentieren zuverlässige Messwerte zur Abdrift beim Spritzen von Gleisanlagen mit Spritzzügen.
2. Es tritt Abdrift auf. Diese fällt aber im Vergleich zum Ackerbau sehr gering aus.
3. Bei Einsatz modernster Spritzzüge sind applikationstechnisch zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine Verbesserungen nötig.

4. Vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit wurden auf der Basis der vorliegenden Messwerte Abdriftwerte für Gleisanwendungen festgelegt, die für eine Bewertung von Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln und bei der Festlegung von Abständen zum Schutz von Gewässern und Nichtzielorganismen herangezogen werden können.

Danksagung

Den Firmen Bayer CropScience, Spiess-Urania und der Deutschen Bahn AG wird für die Bereitstellung des Spritzzuges, der Bahnstrecke und die Hilfestellung bei der Durchführung der Versuche gedankt.

Literatur

- EGGERS, T., P. ZWERTGER, 2002: Langjährige Bewuchsentwicklung auf Randwegen von Gleisanlagen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XVIII, 167–174.
- GANZELMEIER, H., D. RAUTMANN, G. BAECKER, K. W. EICHHORN, R. IPACH, E. KERSTING, H. KOCH, F.-O. RIPKE, K. SCHMIDT, 1992: Richtlinien für die Prüfung von Pflanzenschutzgeräten (Germany). – Nr. 2-1,1, S. 1–10, BBA/AP.
- GÖHLICH, H., 10/1973: Bericht über Applikationsversuche mit einem Herbizid-Spritzzug der Pflanzenschutz Urania GmbH. – Arbeitsbericht Technische Universität Berlin, 13 S.
- MIMKES, P., 03/2000: Erneute Zulassung von Diuron geplant. – Magazin „Stichwort Bayer“ (SWB), 3 S.
- RAUTMANN, D., M. STRELOKE, R. WINKLER, 2001: New basic drift values in the authorization procedure for plant protection products. – Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtschaft. **383**, 133–141.
- ZWERTGER, P., 2002: Vegetationskontrolle auf Nicht-Kulturland. – In: Unkraut – Ökologie und Bekämpfung. ZWERTGER, P., H.-U. AMMON (Hrsg.). Stuttgart, E. Ulmer, 419 S.

Zur Veröffentlichung angenommen: 3. Juli 2006

Kontaktanschrift: Hans-Jürgen Wygoda, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Außenstelle Kleinmachnow, Fachgruppe Anwendungstechnik, Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow