

**Forschungsprogramm des Bundes und der Länder Bayern und Baden-  
Württemberg zur Bekämpfung des Westlichen Maiswurzelbohrers  
(*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) zur Erarbeitung wissenschaftlicher  
Empfehlungen**



## **Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg**

---

### **Schlussbericht für das BLE-Projekt**

**„Erarbeitung der fachlichen Grundlagen für ein Prüfverfahren für Säugeräte  
mit verminderter Abdrift von Beizstäuben“**

**FKZ 2809HS004**

**2012**



# **Baden-Württemberg**

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg  
Außenstelle Stuttgart, Reinsburgstraße 107, 70197 Stuttgart  
Referat 31

## Inhalt

I	Allgemeines	2
	○ Ziele und Aufgabenstellung	2
	○ Planung und Ablauf des Projektes	3
	○ Wissenschaftlicher und technischer Stand	5
II	Material und Methoden	13
	○ Kunstsaatgut zur Messung der Beizstaubabdrift	13
	○ Indoor - Prüfmethode	16
	○ Freilandmessungen	24
III	Ergebnisse	27
	○ Prüfstandsmessungen	27
	○ Freilandmessungen	38
	○ Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	46
IV	Zusammenfassung	47
V	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen sowie weiterführende Fragestellungen	48
VI	Literaturverzeichnis	49
VII	Anhang	50

Das Forschungsprogramm ist Teil des Forschungsschwerpunktes „Risikobewertung, Technik, Vermeidung negativer Auswirkungen auf den Naturhaushalt“ im Forschungsprogramm des Bundes und der Länder Bayern und Baden-Württemberg zur Bekämpfung des Westlichen Maiswurzelbohrers und zur Erarbeitung wissenschaftlicher Empfehlungen für Eingrenzungsmaßnahmen“.

Die Förderung des Projektes erfolgte aus Mitteln der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE).

## I Allgemeines

### Ziele und Aufgabenstellung

Im Frühjahr 2008 wurden in der oberen Rheinebene mehrere tausend Bienenvölker geschädigt. Ursache dafür waren offensichtlich neonicotinoidhaltige Beizmittelemissionen, die durch Abdrift bei der Aussaat von Mais auf Blüten benachbarter Kulturen gelangten und dort von den Bienen aufgenommen wurden. Abdriftmessungen mit pneumatischen Einzelkornsägeräten an verschiedenen Instituten konnten eine Exposition wirkstoffhaltiger Stäube auf den Nahbereich der gesäten Fläche nachweisen.

In der Folge wurden sofortige Maßnahmen zur Minimierung dieser Emissionen ergriffen, wie die Verbesserung der Beizverfahren und die Ausrüstung der Einzelkornsägeräte mit Deflektoren zur Ableitung der Gebläseabluft an die Bodenoberfläche. Die Zulassung neonicotinoidhaltiger Beizmittel wurde ausgesetzt und die Erlaubnis zur Aussaat von Saatgut, welches mit Mesurol (Wirkstoff: Methiocarb) gebeizt war, wurde auf Sägeräte beschränkt, die eine Minderung der Abdrift um 90 % gegenüber herkömmlichen Einzelkornsägeräten ohne Umrüstsatz erzielten. Die Einstufung der Geräte hinsichtlich deren Abdriftminderung erfolgt derzeit durch eine Freilandmessmethode des Julius Kühn-Institut in Braunschweig (JKI).

Da diese Messungen im Freiland auf Grund der Boden- bzw. Witterungsverhältnisse nur in engen Zeitfenstern möglich sind und die Einflussfaktoren für eine Staubexposition wie Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Konvektion und Bodenverhältnisse dabei stark variieren, wurde die Entwicklung eines entsprechenden Indoor-Prüfverfahrens angeregt, bei dem diese Einflüsse standardisiert werden können. Mit den Ergebnissen dieser Arbeit sollen die Grundlagen für ein solches Prüfverfahren für Sägeräte mit verminderter Abdrift geschaffen werden. Mit gesicherten, reproduzierbaren und justitablen Ergebnissen auf der Basis gesicherter Prüfrichtlinien ist es möglich, Landwirten ausreichende Möglichkeiten hinsichtlich der Anwendungstechnik zur Verfügung zu stellen, mit der unvertretbare Auswirkungen auf den Naturhaushalt ausgeschlossen werden können.

## Planung und Ablauf des Projektes

Dem Forschungsprojekt lag ein Zeit- und Arbeitsplan zu Grunde, der mit einigen Verschiebungen auf Grund eines späteren Projektbeginns eingehalten werden konnte. Neben einer umfangreichen Datenerhebung zum Anbauumfang ackerbaulicher Kulturen in Deutschland, wie auch zur Marktbedeutung der zugelassenen Beizmittel und der eingesetzten Sägeräte, sollte mit Ablauf des ersten Projektjahres der Bau des Prüfstandes fertig gestellt werden. Daran anschließend sollten laut Arbeitsplan zur Entwicklung einer praxistauglichen Prüfmethode, zahlreiche Messungen mit Sägeräten durchgeführt werden. Der Schwerpunkt bei der Auswahl der dabei verwendeten Maschinen lag auf pneumatischen Einzelkornsägeräten. Unter Berücksichtigung des Einsatzumfangs, der Toxizität der eingesetzten Wirkstoffe wie auch der Beizqualität handelsüblicher Saatgutchargen, war bei der Maisaussaat die größte Belastung des Naturhaushalts anzunehmen.

Zur Schaffung standardisierter Messbedingungen musste ein einheitliches Saatgut entwickelt werden. Untersuchungen zum Abriebverhalten verschiedener Saatgutarten wie Weizen, Gerste, Raps und Mais, erfolgten in einem Modellprüfstand. Diese speziell dafür angefertigte Vorrichtung entsprach im kleinen Maßstab dem Funktionsprinzip des geplanten Prüfstands. Auch Untersuchungen zur Eignung verschiedener Filtermedien hinsichtlich des Abscheidevermögens und eines geeigneten Tracers, der herkömmlich eingesetzte Wirkstoffe ersetzen sollte, wurden in diesem Modellprüfstand durchgeführt.

Zunächst diente Mais- und Weizensaatgut, welches von der Fa. Bayer Crop Science mit dem fluoreszierenden Farbstoff Pyranin gebeizt wurde, als Prüfmedium. Diese herkömmlichen Saatgutarten erwiesen sich allerdings für eine standardisierte Methode, die bei allen Sägerätebautypen Anwendung finden sollte, als nachteilig. Deshalb musste ein Kunstsaatgut entwickelt werden, welches den physikalischen Eigenschaften dieser Saatgutarten nahe kommt. Im Verlängerungszeitraum des Forschungsprojekts sollte die Entwicklung des Kunstsaatguts zur Erarbeitung reproduzierbarer Messergebnisse abgeschlossen werden.

Insgesamt wurden im Rahmen des Forschungsprojekts 56 Messungen auf dem Prüfstand durchgeführt. Parallel dazu erfolgten zur Validierung der Indoor-

Prüfmethode, wie auch zur näheren Bestimmung der Emissionspfade abdriftender Beizstäube bei der Aussaat, 21 Freilandmessungen. Dafür wurde die vom JKI vorgegebene „Methode zur Messung der Abdrift beim Aussäen von Maissaatgut im Freiland“ durch den Einsatz verschiedener praxisüblicher Kollektoren, mit denen die Luftdrift von Beizstäuben näher bestimmt werden sollte, erweitert. Für eine zuverlässigere Interpretation der dabei ermittelten Abdriftwerte, die wesentlich vom Adsorptionsverhalten und der Umströmungseigenschaft der Kollektoren abhängig sind, wurden für Vergleichsmessungen ergänzend tote Bienen der Abdriftwolke ausgesetzt.

Mit Fertigstellung dieser Arbeiten sollte in der zweiten Hälfte des letzten Projektjahres laut Arbeitsplan die Prüfeinrichtung zum JKI nach Braunschweig verlegt werden. Bei dort geplanten Messungen auf einem Schwingungsprüfstand, mit dem die Bewegungen des Sägeräts während der Aussaat simuliert werden können, sollte ein möglicher Einfluss von Erschütterungen auf das Abdriftverhalten der Maschinen untersucht werden. Die Geometrie dieser hydraulisch gesteuerten Konsole war für die Konstruktion des Prüfstandes begrenzend. Die Verlegung des Prüfstands konnte in der Woche vom 22. bis 26. Oktober 2012 durchgeführt werden. Nach Aufbau der Prüfeinrichtung beim JKI wurde dort im Rahmen einer Projektbesprechung die Funktionsweise des Prüfstands demonstriert und die wichtigsten Ergebnisse, die mit dem Prüfverfahren erarbeitet worden waren, vorgestellt.

Darüber hinaus wurde im dritten Projektjahr an einem Modell gearbeitet, mit dem aus den Prüfstandsmessergebnissen Expositionsszenarien für die Aussaat im Freiland berechnet werden können. Damit sollte die Möglichkeit einer praktischen Anwendung der Prüfergebnisse für eine Risikoabschätzung evaluiert werden. Hintergrund dieses Modells ist die Verknüpfung der Erkenntnisse aus Freilandmessungen zu den Expositionspfaden von Beizstäuben und dem jeweilig im Prüfstand ermittelten Driftpotenzial der Sägeräte. Mit diesem Rechenmodell kann aus den Prüfstandsmesswerten unter Vernachlässigung abweichender Klimabedingungen im Freiland ein „Worst-Case-Szenario“ für die Abdrift im Freiland erstellt werden. Eine Validierung dieses Modells konnte im Rahmen des Forschungsprojekts nicht abgeschlossen werden.

## Wissenschaftlicher und technischer Stand

Zur Messung der Abdrift von Beizstäuben unter standardisierten Bedingungen ist in Deutschland bisher noch keine Methode etabliert. Rechtliche Voraussetzung für die Aussaat von Maissaatgut, welches mit Mesurol (Wirkstoff: *Methiocarb*) gebeizt wurde, ist die Aufnahme des jeweilig eingesetzten Sägerätebautyps in die „Liste abdriftmindernder Geräte“. Die Einstufung der Sägeräte hinsichtlich der Abdriftminderung erfolgt derzeit nach einem ausschließlich beim JKI Braunschweig durchgeführten Freiland-Prüfverfahren. Dabei werden genau definierte Mengen eines Tracers (Brillantsulfoflavin) während der Saat einer bestimmten Fläche in den Abluftstrom des Sägeräts eingespeist und die im Nahbereich sedimentierenden Farbstoffemissionen in drei Messabständen mit Petrischalen erfasst. Daraus ermittelte Driftmengen müssen mindestens 90 Prozent unterhalb der Basiswerte liegen, die beim Einsatz pneumatischer Einzelkornsägeräte ohne Umrüstsatz gemessen wurden.

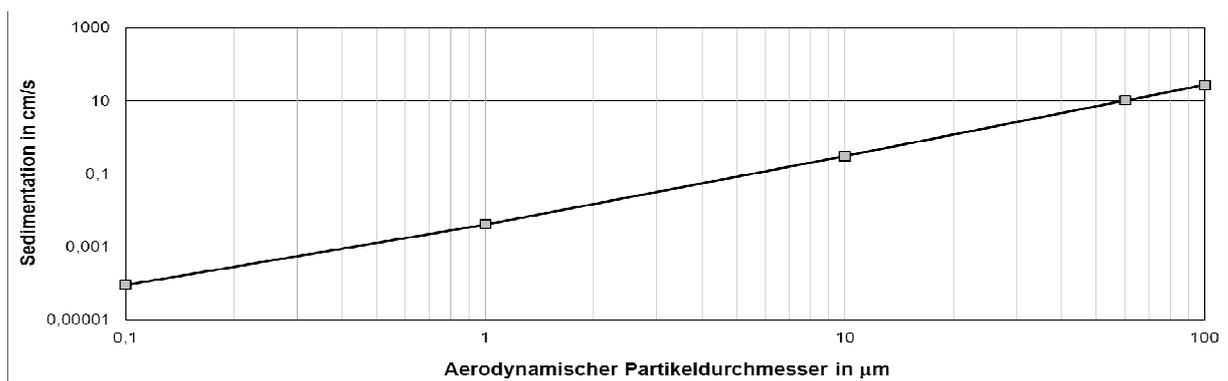
Ein entsprechendes standardisiertes Indoor-Prüfverfahren, welches die oben beschriebene Methode ergänzen oder ersetzen könnte, sollte für alle Sägeräte-Bautypen anwendbar sein. Deshalb war das Verfahren der Einspeisung des Tracers mit einem Staubdosierer nicht geeignet. Für eine Gerätebeurteilung hinsichtlich der Abdrift, die sowohl durch die bauartbedingte mechanische Beanspruchung des Saatguts in den saatgutführenden Teilen des Sägeräts (*Staubabrieb*), als auch durch die Freisetzung der abgeriebenen Partikel (*Staubemission*) bedingt ist, sollte das für die Prüfung eingesetzte Saatgut mit einem Tracer gebeizt werden. Die Tracertechnologie ist ein seit Jahren etabliertes Verfahren bei applikationstechnischen Versuchen und erübrigt den Einsatz von Wirkstoffen, die für den Naturhaushalt und den Anwender negative Auswirkungen haben könnten. Allerdings beschränken sich dort die Erfahrungen hinsichtlich des Fluoreszenzspektrums, der Abwaschbarkeit von verschiedenen Oberflächen, der Lagerfähigkeit und der Lichtstabilität meist auf Belags- und Abdriftmessungen bei der Flüssigapplikation<sup>1</sup>. Die Eignung von Tracern zur Messung der Abdrift abgeriebener Staubpartikel musste im Rahmen des Forschungsprojekts noch untersucht werden.

---

<sup>1</sup> Herbst, Wygoda: 79 ff.

Ähnlich dem Verfahren zur standardisierten Messung der Spraydrift bei Düsen zur Klassifizierung in Abdriftminderungsklassen sollte das Driftverhalten von Säugeräten in einem Windtunnel gemessen werden. Hier können die Abdrift beeinflussenden Faktoren wie Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Luftfeuchtigkeit und Thermik konstant gehalten werden. Zur Quantifizierung der Abdriftmengen sollten die in der kontaminierten Luft enthaltenen Stäube während dem Sävorgang durch eine Absaugfilteranlage zentral abgeschieden und anschließend gemessen werden. Eine hinzukommende Anforderung an das Prüfverfahren von Seiten des JKI, die Staubabdrift vertikal zu differenzieren, erforderte jedoch die Konstruktion eines Filterkastens, in den ein Filtervlies vertikal eingespannt werden kann.

Bis zum Zeitpunkt der Bienenschäden im Frühjahr 2008 ist zum Driftverhalten von Beizstäuben wenig geforscht worden. Umfangreiche Untersuchungen zu Eigenschaften und Auswirkungen von Staubemissionen finden sich jedoch im Bereich des Arbeitsschutzes in der Industrie. Hier wird zwischen inhalierbarem Staub (aerodynamischer Durchmesser<sup>2</sup>:  $<10\mu\text{m}$ ) und Grobstäuben ( $>10\mu\text{m}$ ) unterschieden. Auch im Bereich der Beizstaubabdrift schien eine theoretische Unterteilung der Partikelfractionen sinnvoll, da bei verschiedenen Größenklassen ein unterschiedliches Sedimentationsverhalten und daraus resultierende Emissionspfade angenommen werden müssen. In Abb. 1 sind die Sinkgeschwindigkeiten unterschiedlicher aerodynamischer Partikeldurchmesser von Stäuben und Tropfen dargestellt.



Quelle: DG Bau, Kraus J.

Abb. 1: Sinkverhalten von Stäuben

<sup>2</sup> Der aerodynamische Durchmesser ist eine abstrakt gedachte Größe einer Kugel mit einer Dichte von  $1\text{ g/cm}^3$ , deren Sinkgeschwindigkeit dem jeweiligen Partikel in ruhender oder wirbelfrei strömender Luft entspricht.

Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser größer als 100  $\mu\text{m}$  haben eine Sinkgeschwindigkeit von mehr als 30 cm/s. Partikel ab dieser Größe müssen im Hinblick auf eine Exposition im Nahbereich der Aussaatfläche nicht mehr in Betracht gezogen werden. Eine Anordnung des Filters zur Staubabscheidung direkt neben dem Sägerät garantiert die Erfassung aller potenziell driftenden Partikel. Wie die Abbildung eines Filterausschnitts mit Maisstäuben zeigt (Abb. 7), reicht der optische Durchmesser der dabei abgeschiedenen Stäube bei einer Windgeschwindigkeit von 1,2 m/s bis zu 700  $\mu\text{m}$ . Die Abbildungen 2–6 zeigen verschiedene Staubfraktionen von Maissaatgut unter dem Mikroskop.

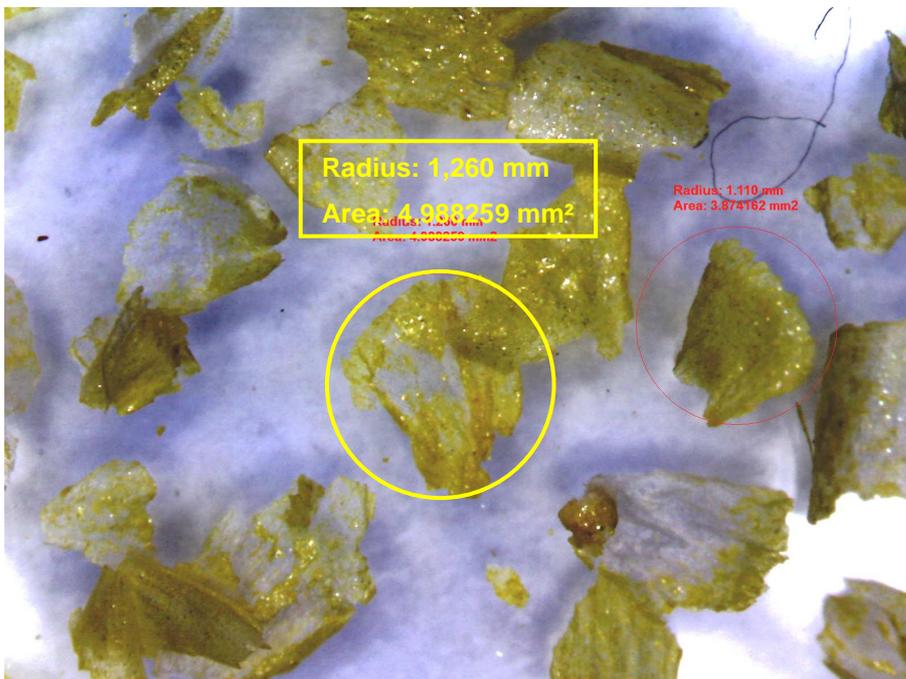


Abb 2:  
Partikelgröße  
>2500  $\mu\text{m}$

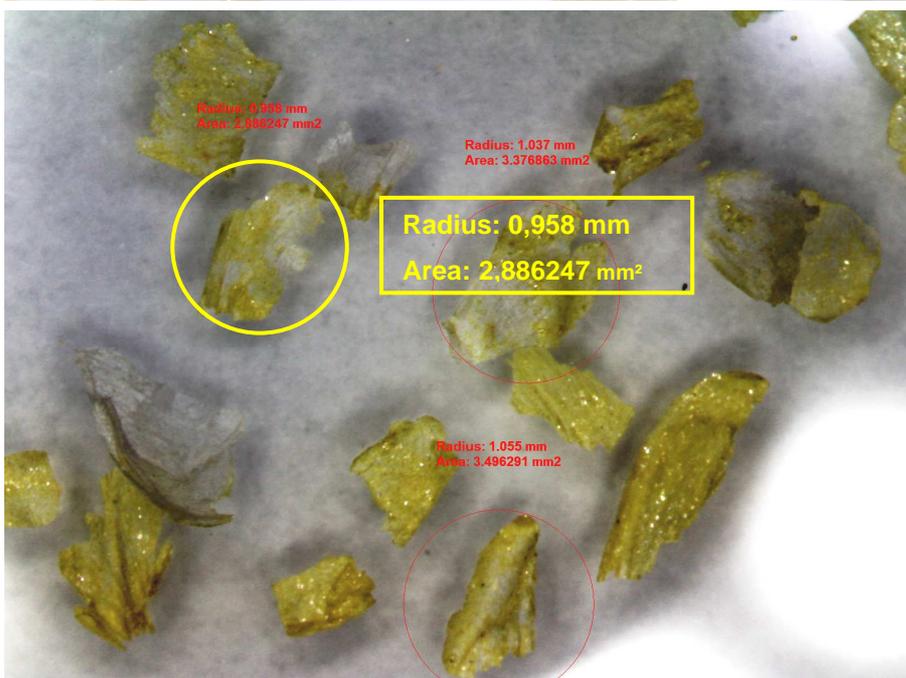


Abb 3:  
Partikelgröße 1250-  
2500  $\mu\text{m}$



Abb 4:  
Partikelgröße  
500-1000 µm

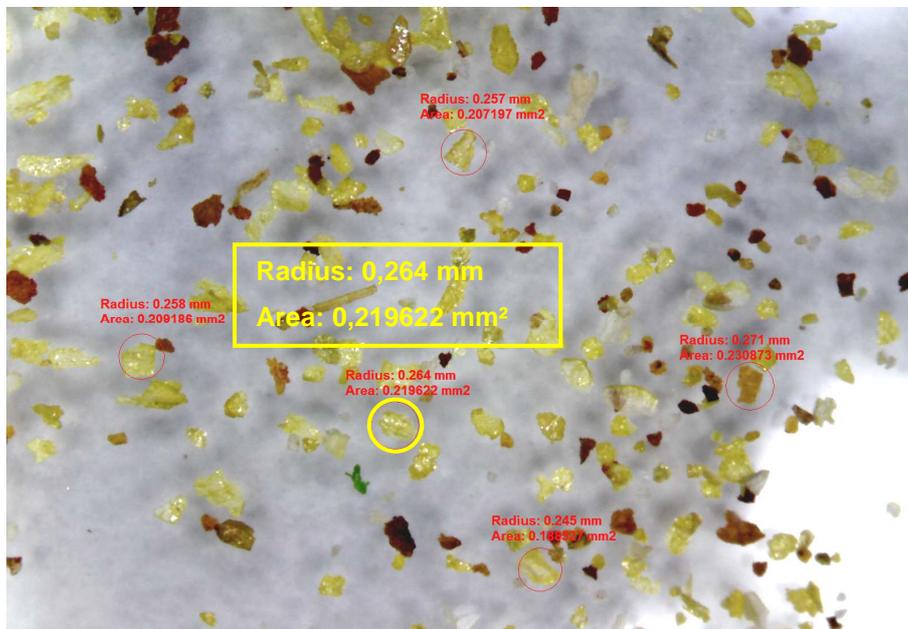


Abb 5:  
Partikelgröße  
250-500 µm

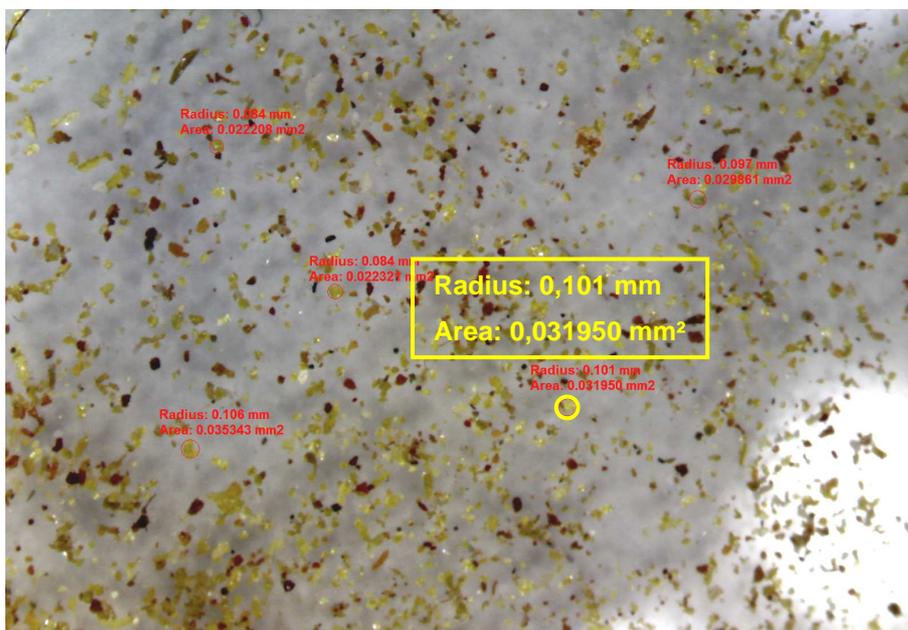


Abb 6:  
Partikelgröße  
<250 µm

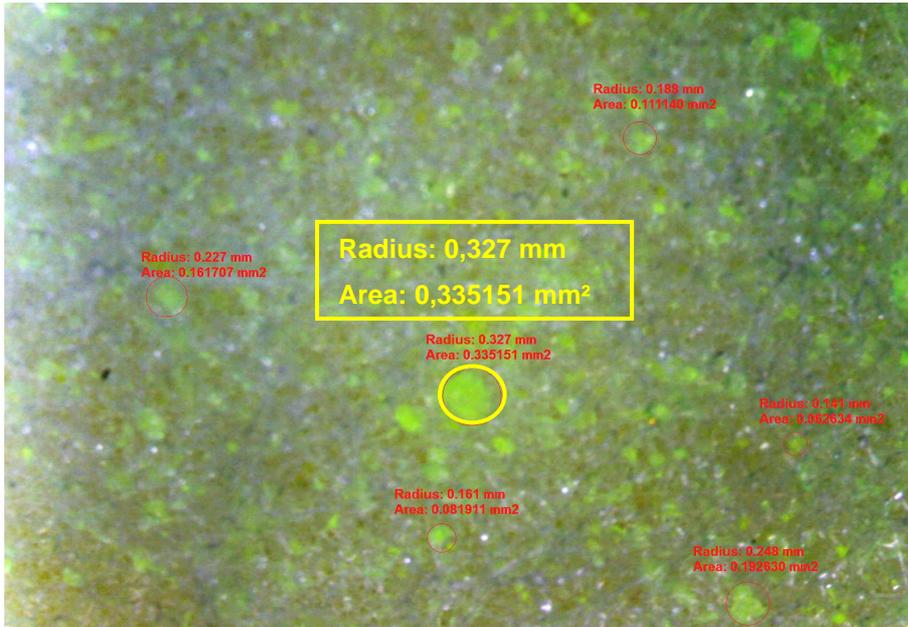


Abb 7:  
Partikelabscheidung  
im Filtervlies in 75  
cm Höhe über der  
Standfläche des  
Windkanals

Aus den in Abb. 1 dargestellten Sinkgeschwindigkeiten verschiedener Partikelgrößen ergibt sich bei einer Windgeschwindigkeit von 1 m/s und unter der Bedingung einer konstanten Sedimentationsgeschwindigkeit aus 50 cm Höhe ein Sedimentationsverlauf wie er Abb. 8 zu entnehmen ist. Aus dieser Darstellung wird deutlich, dass die Grenze zwischen den im Nahbereich sedimentierenden und den über weite Strecken verfrachteten Partikeln im Bereich zwischen 1 und 10  $\mu\text{m}$  aerodynamischem Durchmesser liegt.

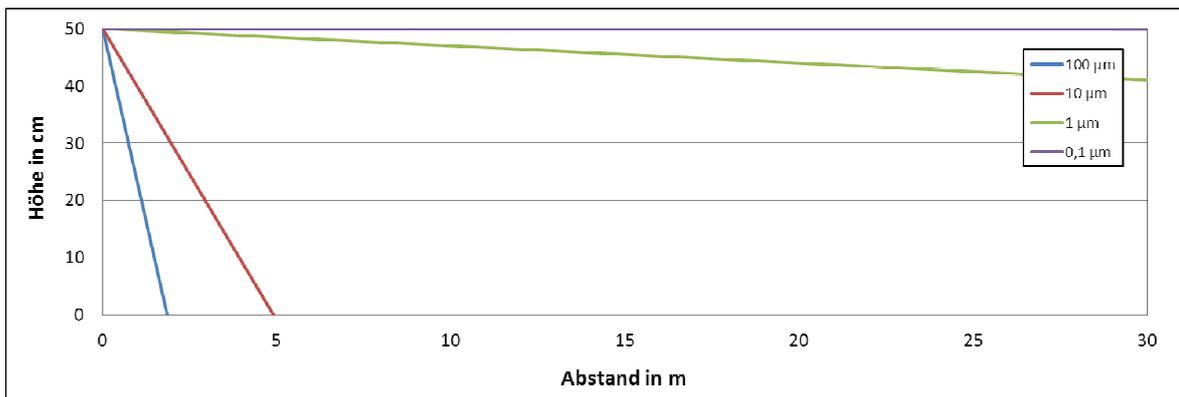


Abb. 8: Sedimentationsverlauf von Partikeln mit unterschiedlichen aerodynamischen Durchmessern.

Das im Prüfverfahren eingesetzte Filtermaterial sollte einerseits einen Abscheidegrad von 99 % für alle abdriftrelevanten Stäube aufweisen und ein

gutes Anhaftungsvermögen bezüglich der abgeschiedenen Stäube haben. Andererseits sollten die im Filterstaub enthaltenen Farbstoffmengen leicht herauszulösen sein. Dabei sollten sich die fluoreszierenden Eigenschaften des eingesetzten Tracers beim Abwaschen der Filterproben nicht verändern. Nach einigen Materialtests im Modellprüfstand wurde ein Filtervlies der Filterklasse F8 gewählt, welches die in Abb. 9 dargestellten Abscheidegrade aufweist.

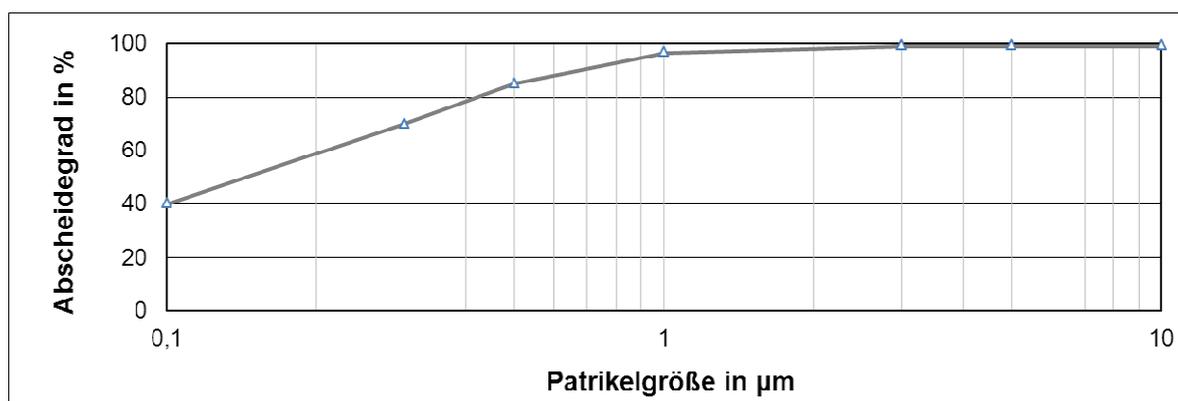


Abb. 9: Abscheidegrad der Filterklasse F8

Für eine Einordnung der zu erarbeitenden Daten hinsichtlich der potenziellen quantitativen Belastung des Naturhaushalts durch Beizstäube wurde der Entwicklung des Prüfverfahrens eine ausführliche Datenerhebung zum Umfang angebaute Kulturen sowie zur Marktbedeutung der dafür zugelassenen Beizmittel und der Verbreitung eingesetzter Säugeräte durchgeführt. Die Datensätze zu dieser Erhebung sind auf der beigefügten CD enthalten.

Entsprechend der Bedeutung in Bezug auf die Belastung des Naturhaushalts wurde bei der Auswahl der zu untersuchenden Säugeräte der Schwerpunkt auf Maissäugeräte gesetzt. Trotz Verbesserung der Beiztechnik und der Umrüstung der Einzelkornsäugeräte mit Deflektoren zur Reduzierung der Staubdrift, kommt den Maissäugeräten auf Grund der hohen Toxizität der eingesetzten Wirkstoffe und den nach wie vor ungenügenden Abriebeigenschaften des gebeizten Saatgutes die größte Aufmerksamkeit hinsichtlich der Gefährdung des Naturhaushalts zu. Saatzeitpunkt und Flächenstruktur in den Hauptmaisanbaugebieten wirken sich ebenfalls ungünstig auf die Risikobewertung der Maissaat hinsichtlich der zu erwartenden Beizstaubabdrift auf blühende Nachbarkulturen aus.

Entsprechend dem Forschungsauftrag, ein Prüfverfahren für alle Sägerätebautypen zu entwickeln, wurden ergänzend auch Messungen mit Universalsägeräten durchgeführt. In Abb. 10 ist die Marktbedeutung der zur Aussaat von Ackerkulturen eingesetzten Sägeräte schematisch dargestellt.



Abb. 10: Übersicht zur Bedeutung der in Deutschland eingesetzten Sägeräte

Die zahlenmäßige Bedeutung pneumatischer Universalsägeräte zur Aussaat von Getreide und Raps, bei denen gegenüber herkömmlichen Sägeräten ein erhöhtes Driftpotenzial zu vermuten wäre, ist gegenüber den mechanischen Universalsägeräten in Deutschland derzeit noch eher als gering einzustufen. Mit diesen luftunterstützten Maschinen können große Arbeitsbreiten bei hohen Fahrgeschwindigkeiten realisiert werden, was zu hohen Flächenleistungen und damit zu einer gewissen flächenmäßigen Bedeutung führt. Ihr Einsatzschwerpunkt liegt aber eher in Großbetrieben in Nord- und Ostdeutschland, wo auf Grund der Flächenstruktur blühende Nachbarflächen oder Saumbiotope hinsichtlich der Abdrift eine verhältnismäßig geringe Rolle spielen. Hinzu kommt, dass derzeit bei Getreide, bei dem in Deutschland nach wie vor der Anbauswerpunkt liegt, kaum insektizide Beizen zum Einsatz kommen. Bei Raps gehören diese hingegen zur Standard-Saatgutbehandlung. Hier ist jedoch ähnlich wie bei Zuckerrübensaatgut auf Grund eines spezielles Beizverfahrens mit wenig Abrieb zu rechnen.

Wirkstoffe – Toxizitätsdaten											
Wirkstoff- bezeichnung	Säuger		Bienen			Quellen	Wirkstoffgruppe	Pflanzenschutz- mittel Typ			
	WHO Classific	US EPA Classific	oral LD 50 µg pro Biene	Kontakt LD 50 µg pro Biene	Inhal. LD 50 µg pro Biene				Sys.	Prot	Kur.
Clothianidin	NL	-	0,0037	0,0439		3, 1, 4	Neonicotinoid	Insektizid, Metabol.	x		
Imidacloprid	II	II	0,0037	0,08		5	Neonicotinoid	Insektizid	x		
Thiamethoxam	III		0,005	0,024		5	Neonicotinoid	Insektizid	x		
beta Cyfluthrin	II	II	0,051	0,01	< 0,1	5	Pyrethroid	Insektizid			
Methiocarb	Ib	I	0,47	0,23		5	Carbamat	Insektizid, Mollusc.			
Tefluthrin	Ib	I	1,88	0,28		1, 4	Pyrethroid	Insektizid			
Dimethomorph	U	III	> 32,4	> 102		1, 4	Morpholin	Fungizid	x		
Imazalil	II	II	> 40			1, 4	Imidazol	Fungizid	x		
Prothioconazol	NL		> 71	> 200		5	Triazolinthione	Fungizid	x		
Tebuconazol	III	II,III	> 83	> 200		5	Triazol	Fungizid	x		
Fluquinconazol	NL		> 100	> 100		2, 4	Triazol	Fungizid	x		
Hymexazol	U	III	> 100	> 100		1, 4	Oxazol	Fungizid	x		
Pencycuron	U	IV	> 100	> 100		1, 4	Phenylurea	Fungizid		x	
Pyrimethanil	U	IV	> 100	> 100		1, 4	Anilinopyrimidine	Fungizid		x	
Triticonazol	U	III	> 100	> 100		1, 4	Triazol	Fungizid	x		
Prochloraz	III		> 101	141		1, 4	Imidazol	Fungizid		x	
Difenoconazol	III	III	> 187	> 100		1, 4	Triazol	Fungizid	x		
Fuberidazol	II		> 187,2	> 200		1, 4	Benzimidazol	Fungizid	x		
Triadimenol	III	III	> 224,8	> 200		5	Tiazol	Fungizid	x		
Triazoxid	II		> 225	> 200		1, 4	Benzotriazin	Fungizid			
Metalaxyl-M	II		269	> 200	25	1, 4, 5	Phenylamide	Fungizid	x		
Fludioxonil	U	III	> 329			1, 4	Phenylpyrrol	Fungizid			
Fluoxastrobin	NL		> 843	> 200		1, 4	Strobilurin	Fungizid	x		
Cyproconazol	III	III	> 1000	> 100		1, 4	Triazol	Fungizid	x		
Thiram	III	III	> 2000	73,7		1, 4	Dithiocarbamate	Fungizid, Repel, Metab.		x	
Carbendazim	U	III		> 50			Benzimidazol	Fungizid, Metabol	x		
Tolclofos-methyl	U	III		> 100		5	Chlorophenyl	Fungizid			
Silthiofam	NL						Thiophen	Fungizid		x	

gelb hinterlegt: Daten von Herrn Forster ,, BVL

Quellen:  
1 C.D.S. Tomlin, The Pesticide Manual, Fourteenth Edition, British Crop Protection Council, Alton (UK), 2006.  
2 Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg, Abschlussbericht Beizung und Bienenschäden, Stuttgart, 2008. [http://www.ml.r.baden-wuerttemberg.de/mlr/allgemein/Abschlussbericht\\_Bienenschaeden.pdf](http://www.ml.r.baden-wuerttemberg.de/mlr/allgemein/Abschlussbericht_Bienenschaeden.pdf)  
3 W. Perkow, H. Ploss, Wirksubstanzen der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, Parey Verlag Stuttgart, 2007.  
4 EMA-online - pesticide properties database, with additional input from the EU-funded FOOTPRINT project and others (last update 10 March 2010)

Abb. 11 Wirkstoffe in Beizmitteln (die Zulassung für neonicotinohaltige Beizen ruht derzeit in Deutschland)

Dem gegenüber wird Mais häufig in kleinstrukturierten Gebieten mit einer großen Zahl an Saumbiotopen angebaut und der hohe Anteil eingesetzter pneumatischer Einzelkornsäuger sowie die nach wie vor ungenügenden Abriebeigenschaften des gebeizten Maissaatguts lassen eine größere Gefährdung des Naturhaushalts vermuten. In Abb. 11 sind die Wirkstoffe in Beizmitteln hinsichtlich ihrer Toxizität gegen Bienen gegliedert. Vor allem die bis 2008 eingesetzten insektiziden Wirkstoffe gegen Maiszünsler und Maiswurzelbohrer aus der Gruppe der Neonicotinoide haben eine extrem hohe Giftigkeit gegen Hymenopteren.

## II Material und Methoden

### Kunstsaatgut zur Messung der Beizstaubabdrift

Das Prüfverfahren zur Messung der Abdrift bei Sägeräten erfordert standardisierte Messbedingungen. Dies gilt auch für das eingesetzte Prüfmedium. Bei herkömmlichem Saatgut verändern sich die physikalischen Eigenschaften durch Luftfeuchtigkeits- und Temperaturschwankungen bei der Lagerung. Auch auf Grund der Anfälligkeit für Schädlingsbefall und der biologisch bedingten Alterungsprozesse hat sich herkömmliches Saatgut für eine standardisierte Methode als ungeeignet erwiesen. Zudem variieren die Eigenschaften einzelner Chargen gleicher Saatgutsorten jahrgangs- und herkunftsbedingt. Deshalb wurde bei einer im Berichtszeitraum durchgeführten Projektbesprechung zusammen mit Herrn Dr. Heimbach und Herrn Dr. Herbst vom JKI die Entwicklung eines „Kunstsaatguts“ angeregt. Zu den Anforderungen, die an dieses Material gestellt werden, gehören die Eignung für alle Sägerätetypen, die Anlagerungsfähigkeit von Beizmitteln, die Lagerfähigkeit bei konstant bleibenden Abriebeigenschaften, die Reproduzierbarkeit der damit gewonnenen Messwerte und die Vergleichbarkeit der materialspezifischen Abriebeigenschaften mit herkömmlichem Saatgut.

				
Saatgutart	Mais	Granulat „WoodSeed 70-04“	Getreide	
Material	Organisch	Holz/Kunststoff	Organisch	
TKG	240 – 300	58	35 - 50	
Schüttdichte	700 -800	540	640 - 680	
Korndurchmesser	Ca. 6 mm	4 mm	Ca. 3 mm	

Abb. 12: Technische Daten des Granulates „WoodSeed 70-04“ im Vergleich mit handelsüblichen Saatgutarten (links). Angesaugte Granulatkörner an der Säscheibe eines Einzelkornsägers (rechts).

Im Verlauf der zweiten Jahreshälfte wurden mehrere Untersuchungen hinsichtlich der genannten Anforderungen mit einem Granulat durchgeführt. Es besteht aus einem Kunststoff-Holzspäne-Gemisch und hat eine dem Getreide ähnliche Oberflächenstruktur. Größe und Form ermöglichen den Einsatz sowohl bei

Einzelkornsägeräten als auch bei Universaldrillmaschinen (Abb. 4). Nach Angaben des Herstellers kann dem Granulat ein Additiv zugesetzt werden, wodurch das Material bei Anwesenheit von Mikroorganismen biologisch aufgeschlossen wird. Damit ist auch der Einsatz im Freiland möglich. Nach jeder Verwendung kann das Granulat in einer herkömmlichen Waschmaschine gewaschen, danach getrocknet und erneut gebeizt werden. Abb. 12 zeigt den Vergleich von Kenngrößen bei Granulat, Mais und Getreide. Die rechte Abbildung zeigt die angesaugten Granulatkörner bei laufendem Gebläse eines pneumatischen Einzelkornsägeräts. Für einen einwandfreien Betrieb der Aggregate bei der Aussaat von Granulat müssen die Einzelkornsägeräte mit Säscheiben ausgerüstet werden, deren Lochdurchmesser 3 mm beträgt.

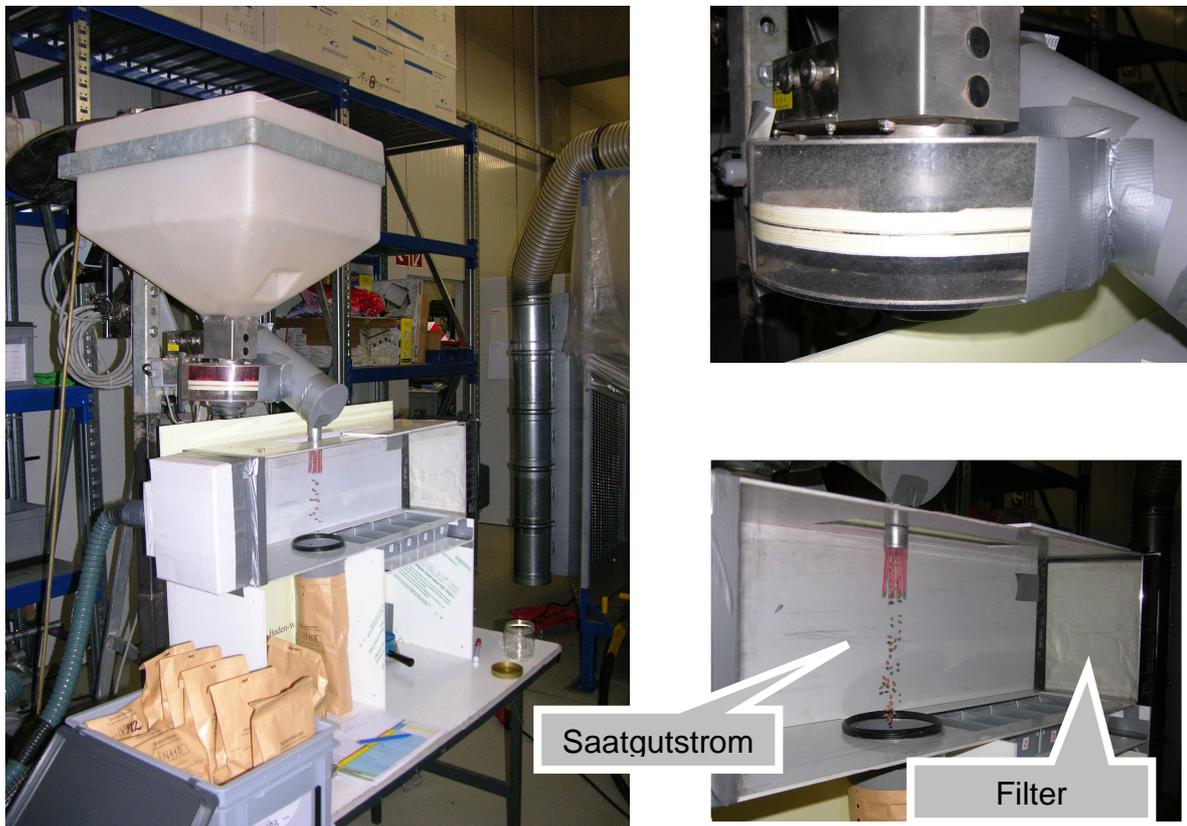


Abb.13: Modellprüfstand (links), Streukammer (rechts oben), Windkanal (rechts unten)

Mit Hilfe eines Modellprüfstands (Abb. 13) wurde das Granulat auf Beizstaubentwicklung und der daraus resultierenden Beizstaubabdrift bei definierter mechanischer Beeinflussung der Körner und definierter Windgeschwindigkeit in einem Windkanal untersucht. Dabei diente ein Exaktstreuer als Säaggregat. Das Saatgut wurde durch den Streuteller mit einer

Drehzahl von ca. 400 U/min gegen die Streukammerwand geschleudert und dann über ein Rohr in einen Windkanal geleitet. Die Luftströmung im Windkanal erzeugte ein Gebläse mit stufenlos einstellbarer Drehzahl. Die in Abb. 14 dargestellten Abdriftwerte wurden bei einer Windgeschwindigkeit von 0,8 m/s ermittelt. Je Messung wurde 1 kg Granulat verwendet, welches mit 2 g Pyranin und 1 ml Peridiam in einem Handbeizgerät gebeizt war. Die dabei abdriftenden Stäube wurden durch einen Filter abgeschieden, der nach 24-stündiger Konditionierung im Labor gewogen und analysiert wurde.

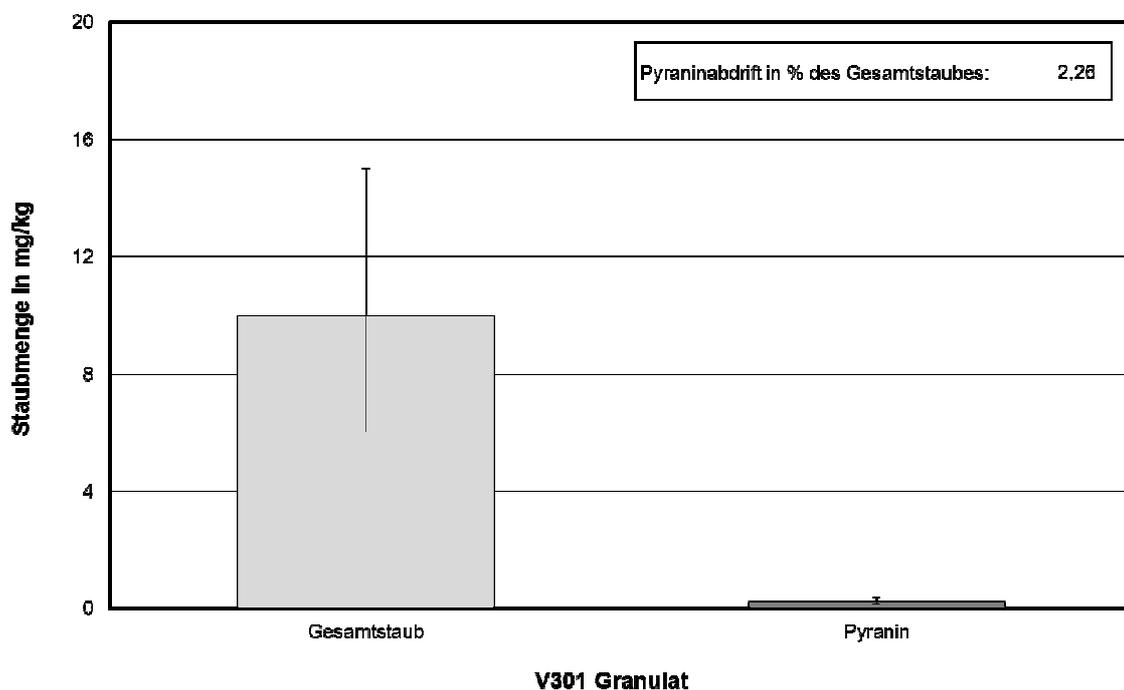


Abb. 14: Abdriftverhalten von Granulat im Modellprüfstand.

Wie Abb. 14 zu entnehmen ist, wird bei der beschriebenen mechanischen Beanspruchung des Granulats in der Streukammer wie bei herkömmlichem Saatgut nicht nur Farbstoff abgerieben, sondern auch Kornsubstanz. Die fluorometrisch gemessene Pyraninmenge im Filter betrug 2,26 % des gesamten Driftstaubes. Bei Vergleichsmessungen mit Mais lag der Farbstoffanteil dabei wesentlich höher (bis 21%). Wie sich allerdings später bei vergleichenden Prüfstandsmessergebnissen gezeigt hat, liegen die Prozentzahlen bei Granulat auf ähnlichem Niveau, wenn die verwendeten Chargen vor dem ersten Gebrauch gewaschen und wieder getrocknet werden. Dabei werden lose Sackstäube und

leicht ablösbare Kornpartikel entfernt, so dass im Driftstaub außer dem Farbstoff nur noch tatsächlich beim Saatgutdurchlauf abgeriebene Kornsubstanz enthalten ist. Die Eigenschaft des eingesetzten Kunstsaatgutes Substanz abzureiben, ist deshalb von Bedeutung, weil sie ein Maß für die mechanische Belastung des Saatguts in der Maschine ist.

## Indoor - Prüfmethode

Das Prinzip der Indoor-Prüfmethode zur Messung der Beizstaubabdrift bei Sägeräten beruht auf einer Durchführung der Saat in einem Windkanal und der anschließenden Massenbestimmung abgeriebener und abgedrifteter Staubmengen sowie der darin enthaltenen Wirkstoffanteile bei einer definierten Windgeschwindigkeit. Als Nachweisstoff im Rahmen des Prüfverfahrens dient der Tracer „Pyranin 120 %“ mit fluoreszierenden Eigenschaften, mit welchem das verwendete Saatgut gebeizt wird. Eine Eignung des Tracers hinsichtlich der Lichtbeständigkeit, der Anbeizbarkeit zusammen mit einem geeigneten Haftmittel, wie auch der Wiederfindungsrate, wurde in zahlreichen Vorversuchen untersucht. Die Beizung des im Prüfverfahren verwendeten Kunstsäatgutes erfolgt in einem Chargenbeizgerät und ist für die beschriebene Methode ebenfalls standardisiert (Anhang: Anleitung zur Prüfmethode).



Abb. 15: Seitenansicht des Sägeräteprüfstands

Die Chargengröße für eine Messung mit Einzelkornsägeräten beträgt 6 kg. Diese Menge entspricht der Aussaatmenge für ein Hektar (100.000 Korn). Bei Messungen mit Universalsägeräten wurde auf Grund der limitierenden

Abscheidkapazität des Filters und der Bestimmungsgrenze des Fluorometers die Chargengröße auf 24 kg begrenzt. Diese Menge entspricht 400.000 Korn und damit bei einer für Getreide üblichen Aussaatmenge von ca. 4.500.000 Korn/ha einer Aussaatfläche von 9 ar.

Im Säegeräteprüfstand (Abb. 15) wird das zu prüfende Säegerät so aufgestellt, dass die Saatgutablage der Scharreihen möglichst im mittleren Drittel der Standfläche erfolgt (Abb. 16). Die aus Gitterrosten bestehende Plattform wird mit Blechen abgedeckt. Für den Bereich direkt um die Schare werden Formteile aus 5 cm dicken Styrodur-Platten zugeschnitten. Entsprechend der Ablagetiefe bei einer herkömmlichen Saat simulieren diese Formteile einen Saatschlitz (Abb. 16).



Abb. 16: Im Prüfstand aufgestellte Sämaschine mit Gitterrostabdeckungen

Der Antrieb des Säegeräts erfolgt durch externe Elektromotoren. Das Gebläse wird direkt über die Gelenkwelle mit einem Elektroantrieb verbunden, der entsprechend den Angaben in der Betriebsanleitung auf 1000 oder 540 U/min eingestellt werden kann. Die Säwelle wird über ein Winkelgetriebe und eine biegsame Welle mit einem weiteren Elektroantrieb verbunden. Der Säwellenantrieb ist stufenlos

verstellbar, so dass bei vorgegebener Aussaatmenge eine Arbeitsgeschwindigkeit von 6 km/h simuliert werden kann. Sägeräte mit hydraulischem Gebläseantrieb werden durch einen externen Ölmotor oder einen Traktor betrieben.

Für die Messungen mit Granulat müssen Einzelkornsägeräte grundsätzlich mit Säscheiben ausgerüstet werden, deren Lochdurchmesser 3 mm beträgt. Zur Kontrolle der richtigen Einstellung wird die Sämaschine entsprechend den Anweisungen in der Betriebsanleitung abgedreht.

Während dem Sävorgang wird der Windkanal mit einer antistatischen Folie verschlossen. Sie verhindert das Eindringen von Fremdluft in die Messzelle. Die Windgeschwindigkeit im Windkanal wird von einem Radialgebläse mit einer Volumenleistung von 6.500 m<sup>3</sup>/h erzeugt, wobei die Luft über Rohre im geschlossenen System zirkuliert. Ein Frequenzumrichter dient zur stufenlosen Einstellung der Gebläsedrehzahl, so dass die Windgeschwindigkeit im Windkanal auf ca. 1 m/s eingestellt werden kann. Dafür wird die Strömungsgeschwindigkeit der Luft mit einem Anemometer mittig über der Plattformfläche in 50 cm Höhe, gemessen und ggf. korrigiert.

Vor der eigentlichen Sägeräteprüfung wird ein Probedurchlauf mit gebeiztem Saatgut durchgeführt. Dafür kann ein gebrauchtes Filtervlies zur Abscheidung der dabei abdriftenden Stäube verwendet werden. Zum einen können dabei Verunreinigungen im Sägerät, welche das Messergebnis negativ beeinflussen könnten, emittieren. Zum andern können sich pyraninhaltige Stäube an die Innenwände der saatgutführenden Maschinenbauteile anlagern. Für eine Geräteprüfung muss gewährleistet sein, dass Anhaftung und Ablösung pyraninhaltiger Stäube im Sägerät in einem ausgeglichenen Verhältnis stehen. Während des Probelaufs erfolgt eine Kontrolle aller Funktionen und Einstellungen des Sägeräts und des Prüfstands.

Für die eigentliche Sägeräteprüfung wird das Filtervlies in 5 gleich große Segmente (1000 x 300 mm) vertikal geteilt (Abb. 17). Für eine gewichtsmäßige Bestimmung der abdriftenden Stäube werden die Segmente vor dem Saatgutdurchlauf einzeln gewogen. Da bereits geringe Temperatur- bzw. Luftfeuchtigkeitsschwankungen einen Einfluss auf das Gewicht der Filtersegmente haben können, werden diese unter den Klimabedingungen des Labors 24 Stunden konditioniert. Gleiches gilt für das Rückwiegen der Filtersegmente. Für die

Sägeräteprüfung werden die Segmente mit einem 5 cm breiten Kreppband wieder zusammengefügt. Wie Abb. 18 zeigt, reduziert sich dadurch die effektive Filterfläche, die für eine Bilanzierung der abgeschiedenen Stäube herangezogen wird, auf insgesamt 880 x 1300 mm.

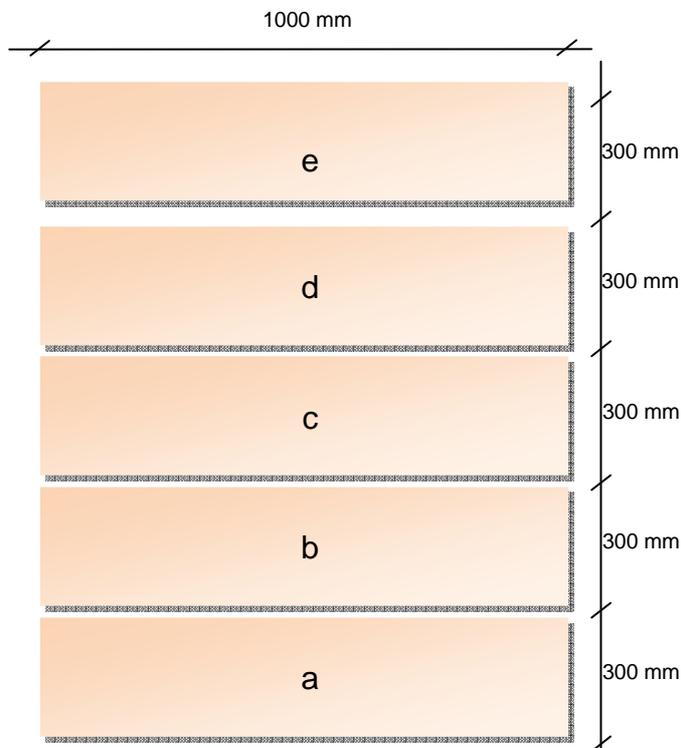


Abb. 17: Abmessungen der Filtersegmente



Abb. 18: Eingespanntes Filtervlies nach einer Sägeräteprüfung mit Wirkstoff.

Während des Sävorgangs fällt das aus der Sämaschine austretende Saatgut durch einen Gitterrost auf ein Förderband unterhalb der Sägerätelandfläche, von dem es in Behälter transportiert wird. Die Behälter dienen zur Bestimmung der tatsächlichen Ausbringung, die für die Errechnung der prozentualen Abdrift herangezogen wird. Während dem Saatgutdurchlauf werden die abdriftenden Stäube auf der windabgewandten Seite des Sägeräts vom Filtervlies abgeschieden. In Abb. 19 ist der Sägeräteprüfstand schematisch dargestellt.

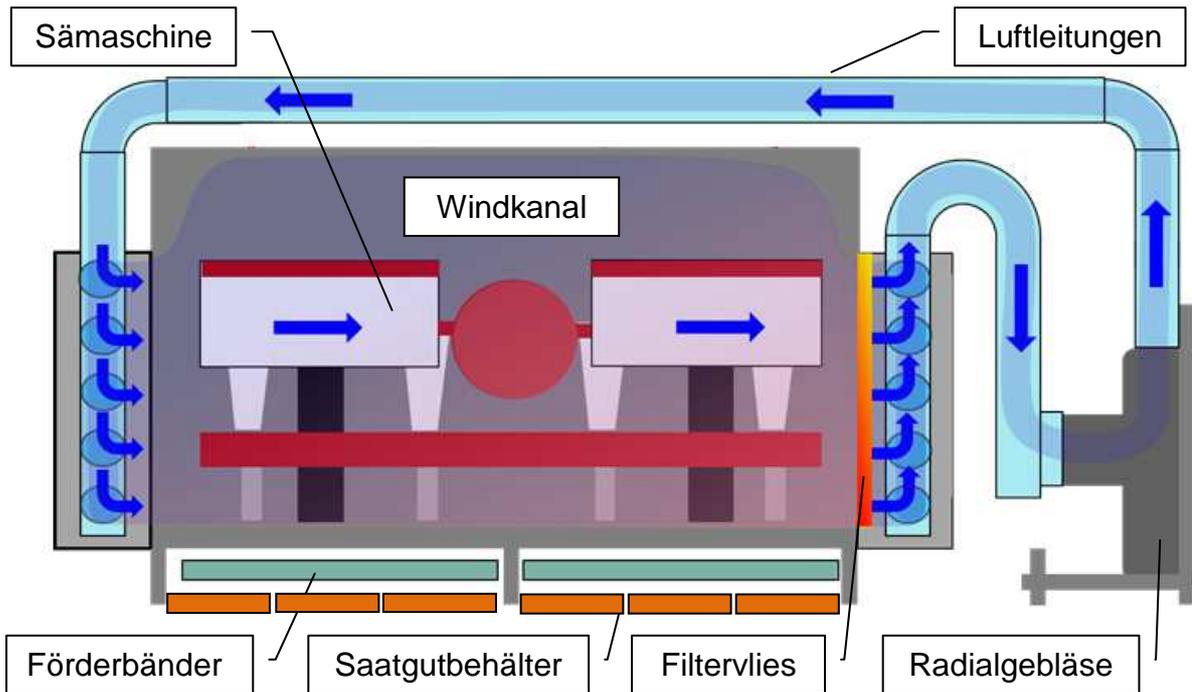


Abb. 19: Schematische Darstellung des Sägeräteprüfstands

Nach dem Sävorgang werden die zusammengesetzten Segmente des Filtervlieses wieder getrennt und nach 24 stündiger Konditionierung im Labor gewogen. Zur Messung der abgeschiedenen Pyraninmengen werden entsprechend der Darstellung in Abb. 20 (links) je Segment 10 Kreisausschnitte mit einer Fläche von  $2,54 \text{ cm}^2$  ausgestanzt. Die Größe der Filterausschnitte richtet sich dabei nach der Bestimmungsgrenze des Fluorometers und muss ggf. bei stark abweichenden Abdriftmengen angepasst werden. Zum Ausschneiden der Kreisausschnitte dient ein Locheisen, welches mit einer Presse vorsichtig in das Filtervlies eingedrückt wird. Diese Filterausschnitte werden einzeln mit 100 ml alkalisiertem Wasser (pH 9,5) abgewaschen<sup>3</sup>. Direkt anschließend werden die Probengläser auf einem Schütteltisch 10 Minuten geschüttelt. Da Pyranin in gelöstem Zustand nicht lichtstabil ist, ist darauf zu achten, dass die Proben nicht zu lange der UV-Strahlung ausgesetzt sind. Bereits nach 50 Minuten

<sup>3</sup> Die maximale Fluoreszenzintensität von Pyranin wird erst bei über pH 9 erreicht (Wernli: BL 4.5). Deshalb wird der pH-Wert der Abwaschflüssigkeit (destilliertes Wasser mit einem Zusatz zur Herabsetzung der Oberflächenspannung) auf 9,6 eingestellt. Im Bereich über pH 9 liegt auch die höchste Pufferkapazität des Wassers gegenüber Fluoreszenzschwankungen von Pyranin.

Belichtungszeit reduziert sich die Fluoreszenzintensität um 50%<sup>4</sup>. Da dieser Vorgang irreversibel ist, muss sich die Messung im Fluoreszenzspektrometer direkt anschließen.

Das Prinzip der Fluoreszenzspektrometrie ist die Anregung des in Lösung befindlichen Farbstoffs mit Licht einer bestimmten Wellenlänge. Ein Fluoreszenzlicht höherer Wellenlänge wird dabei zurückgestrahlt (emittiert). Diese Strahlungsemission wird im Fluorometer von einem Detektor gemessen. Der Vorteil dieser Tracertechnik ist die sehr tiefe Nachweisgrenze<sup>5</sup>, was den Einsatz geringer Tracermengen erlaubt. Pyranin ist für den Anwender und den Naturhaushalt toxisch zwar unbedenklich, für eine Vergleichbarkeit mit herkömmlich gebeiztem Saatgut hinsichtlich der Abriebeigenschaften, sind die zur Beizung verwendeten Tracermassen jedoch begrenzt. Da die Nachweisgrenzen von Pyranin im Fluoreszenzspektrometer deutlich unterhalb der Nachweisgrenzen insektizider Beizmittelwirkstoffe liegen, ist mit der Tracertechnik eine detailliertere Untersuchung der Emissionspfade möglich.

Die Auswertung der fluorometrisch ermittelten Pyraninkonzentration in der Abwaschflüssigkeit erfolgt mit einer modifizierten Version von APPLCALC. Diese zur Ermittlung von Spritzbelagswerten im Pflanzenschutz entwickelten Excel-Tabellenkalkulation ist speziell auf die Fluoreszenzmessung abgestimmt worden. Da Fluoreszenzmessungen Konzentrationsmessungen sind, die in einem weiten, über den bei Abdriftmessungen erforderlichen Messbereich hinaus linear verlaufen, genügt für die Umrechnung der Messwertanzeige die Bestimmung einer „Eichgeraden“ aus zwei Punkten. Diese beiden Punkte sind in APPLCALC als „Nullwert“ und „Eichwert“ benannt. In die Umrechnung fließen die jeweiligen Basiswerte Saatgutmenge, Farbstoffmenge, Hektaraufwand und Fluoreszenzanzeige ein.

Als Referenz für die Berechnung der Pyraninmengen in den einzelnen Proben wird der Eichwert einer bekannten Pyraninkonzentration herangezogen. Um den Eichwert so einzustellen, dass er im oberen Anzeigebereich des für die Filterproben eingestellten Messbereichs liegt, wird eine Lösung mit 0,1 mg Pyranin

---

<sup>4</sup> Wernli: BL 4.9

<sup>5</sup> Verdünnungen von  $10^{-12}$  sind nachweisbar. (eda.: 4.4 )

je Liter destilliertes Wasser hergestellt. Auf Grund der Lichtempfindlichkeit von Pyranin muss die Eichflüssigkeit im Dunkeln gelagert werden. Bei nachlassender Fluoreszenzintensität der angesetzten Eichlösung wird diese erneut angesetzt.

Die angesetzten Eichflüssigkeiten mit den jeweiligen Verdünnungsstufen, wie auch der Null- und Eichwerte sind entsprechend der Anlage 2 ständig zu dokumentieren. Dies ermöglicht eine Überwachung des Messverfahrens und macht Fehler leicht erkennbar (z.B. falscher Ansatz der Eichflüssigkeit, zunehmende Verunreinigung der Messzelle, unterschiedliche Fluoreszenz des Farbstoffes).

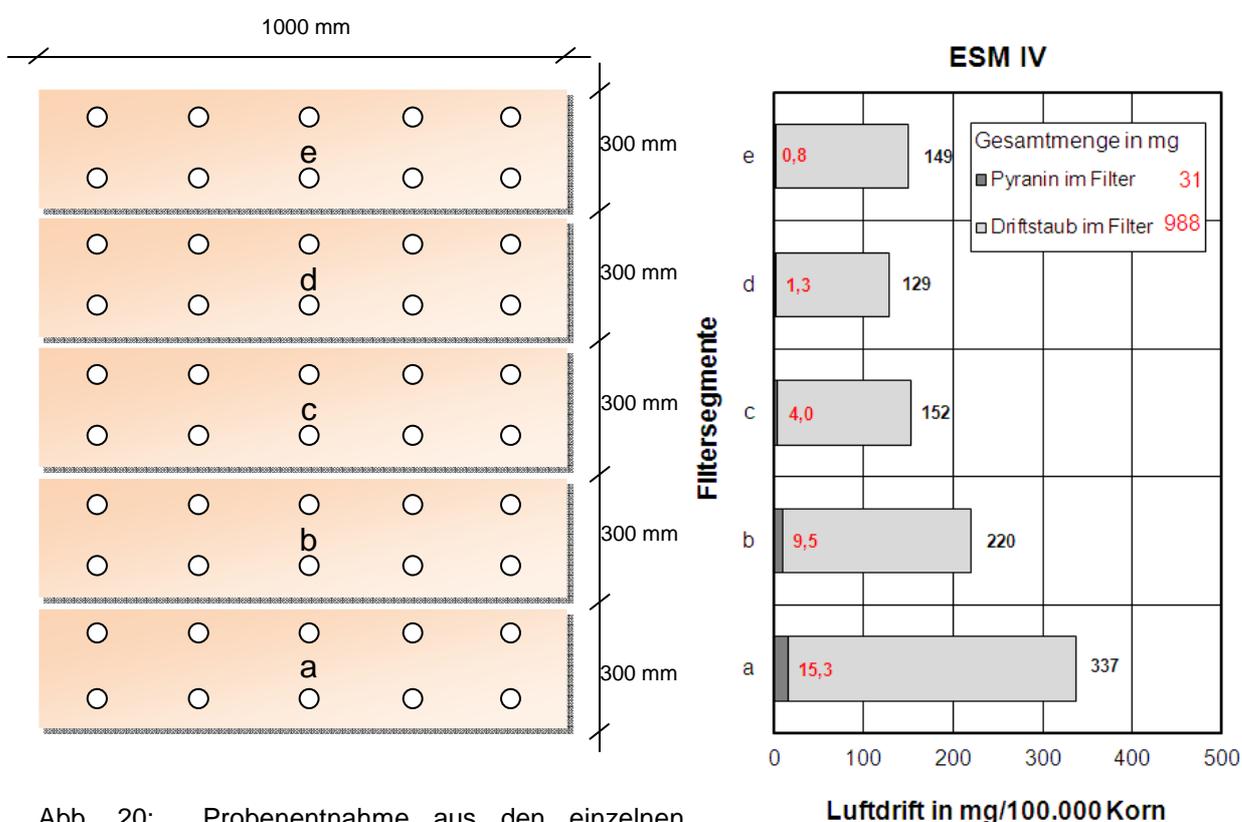


Abb. 20: Probenentnahme aus den einzelnen Filtersegmenten (links); Staub- bzw. Pyraninmengen einer Prüfstandsmessung in mg/ha.

In Abb. 20 (rechts) sind exemplarisch die Abdriftmengen dargestellt, die mit dem Prüfgranulat bei einem Einzelkornsäugerät (ESM IV) gemessen wurden. Dabei wurden die im Fluorometer gemessenen Einzelwerte in APPLCALC gemittelt auf die gesamte Filterfläche bezogen. Im Diagramm sind die entsprechenden gewogenen Staubmengen und die im Fluorometer gemessenen Pyraninmengen abgebildet. Die Gesamtmenge abgedrifteter Stäube stellt das Driftpotenzial einer

Maschine dar, d.h. die maximal zu erwartende Abdrift der Maschine bei vergleichbaren Messparametern.

Zum Vergleich der Driftpotenziale verschiedener Maschinen, wie auch der Driftpotenziale einer Maschine bei unterschiedlichen Messparametern (Saatgut, Windgeschwindigkeit) eignet sich die Angabe der Driftmengen in Prozent, bezogen auf die ausgebrachte Nachweisstoffmenge. In Abb. 21 ist das ermittelte Driftpotenzial aus obiger Messung in Prozent dargestellt.

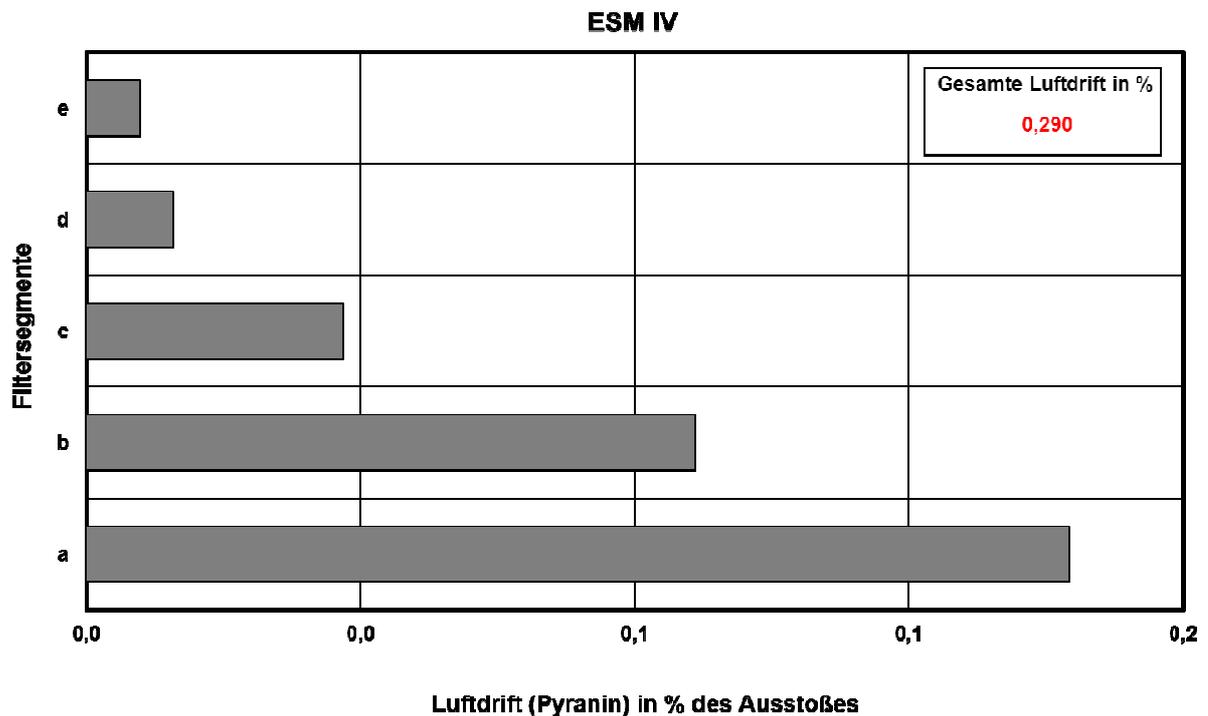


Abb. 21: Vertikal differenziertes Driftpotenzial einer Einzelkornsämaschine in % des Ausstoßes

## Freilandmessungen

Zur Einordnung der im Prüfstand gemessenen Werte wurde bei einem Teil der Maschinen das Abdriftpotenzial vergleichend auch im Freiland gemessen. Die Messmethode orientierte sich an den Vorgaben des JKI. In Abstimmung mit dem Umweltbundesamt und der Industrie wurde hierzu eine „Methode zur Messung der Abdrift beim Aussäen von Maissaatgut im Freiland“ definiert. Ergänzend zu diesem Messdesign, bei dem im Wesentlichen die im Nahbereich der Aussaatfläche sedimentierenden Beizstäube gemessen werden, wurden zur näheren Untersuchung der Luftdrift weitere Kollektoren eingesetzt. Mit Ihnen sollte auch der Expositionsverlauf nicht sedimentierender Stäube näher bestimmt werden. Bei den Messungen wurden jeweils 9 Bahnen gefahren, so dass sich bei einer Arbeitsbreite der Geräte von 3 m und einer Länge des Saatfelds von 45 m eine Aussaatfläche von 1215 m<sup>2</sup> ergibt.

Die Messung des Bodensediments erfolgte mit Petrischalen in 6 Messabständen (1, 3, 5, 10, 20, 30 m) und jeweils zehnfacher Wiederholung (1 m Abstand). Da Vergleichsmessungen mit und ohne Haftsubstanz in den Petrischalen keine abweichenden Ergebnisse erbrachten, wurde zur Reduzierung des Arbeitsaufwands auf eine Verbesserung des Staubanhaftungsvermögens verzichtet.

Zur Messung der vertikalen Drift fand eine Gaze Verwendung, deren Eignung für Freilandmessungen sowohl beim JKI als auch bei Versuchen der Industrie umfassend untersucht wurde, und deren sachgemäßer Einsatz in der vom JKI definierten Messmethode beschrieben ist. Die Probenentnahme des an einem Bauzaun aufgespannten Gewebes erfolgte in vierfacher Wiederholung bei einer Höhe zwischen 50 und 100 cm über dem Boden. Es wurden dazu nach der Messung quadratische Gewebeausschnitte mit einer Größe von 50 x 50 cm mit der Schere ausgeschnitten. Zur Verbesserung des Staubanhaftungsvermögens wurde die Gaze statt einem Glycerol-Wasser-Gemisch, wie es beim JKI Verwendung findet, mit einem langsam abtrocknenden Sprühkleber vor der Messung eingesprüht.

Die Anordnung weiterer Kollektoren zur Messung der Abdrift auf vertikaler Ebene erfolgte in Anlehnung an folgende Definition für „Airborne Drift“: *The volume (or mass) of chemical per unit length of spray run that passes above a point at a given*

*down-wind distance outside the field or target area.*<sup>6</sup> Zur Vergleichbarkeit der mit den einzelnen Kollektoren ermittelte Driftwerte erfolgte deren Anordnung im selben Messabstand von der Aussaatfläche. Zunächst wurde die Luftdrift mit 2 mm dicken Nylondrähten in dreifacher Wiederholung in zwei Messabständen von der Nulllinie (1 und 5 m) bis zu einer Höhe von 6 m gemessen. Die Reproduzierbarkeit der mit Nylondrähten gewonnenen Driftwerte wurde bei Abdriftmessungen im Pflanzenschutz in der Vergangenheit bereits umfassend untersucht. Zur Verbesserung der Haftfähigkeit der Drähte für driftende Stäube diente Silikonöl. Zur Höhendifferenzierung der Driftmengen wurden die Drähte nach der Aussaat in 1 m Stücke geschnitten und einzeln in Glas-Petrischalen verschlossen.



Abb. 22: Freilandmessung mit verschiedenen Kollektoren zur Bestimmung der Luftdrift („Airborne drift“).

Bei späteren Messungen wurden zusätzlich Bälle aus Kunststoffgeflecht mit einem Durchmesser von ca. 5 cm eingesetzt, die ebenfalls in früheren Jahren bei Messungen der Abdrift im Pflanzenschutz üblich waren. Die Messhöhe betrug hier 4 m bei einem vertikalen Messabstand zwischen den einzelnen Kollektoren von 50

<sup>6</sup> Online Encyclopedia (<http://www.encyclo.co.uk/define/Airborne%20drift>)

cm. Diese Messung wurde in zweifacher Wiederholung (2 m Abstand zwischen den Wiederholungen), in einem Messabstand zur Nulllinie von 1 m durchgeführt.

Da die Driftwerte der beschriebenen Kollektoren sehr unterschiedlich ausfielen und eine Interpretation hinsichtlich der tatsächlichen Exposition auf Nichtzielarthropoden während der Aussaat nicht mit Sicherheit möglich war, wurden bei fortgeschrittener Messtätigkeit zusätzlich tote Bienen als Kollektoren verwendet. Dazu wurde entsprechend der beschriebenen Anordnung neben jedem Ball aus Kunststoffgeflecht eine Biene so angebracht, dass ein freies Umströmen der Kollektorbienen gewährleistet war. In Abb. 22 ist die Anordnung der Kollektoren während der Freilandmessung dargestellt.

### III Ergebnisse

#### Prüfstandsmessungen

Von den insgesamt 56 im Forschungszeitraum durchgeführten Messungen wurden 11 verwertbare Geräteprüfungen nach oben beschriebener Methode mit Granulat durchgeführt. Dabei lagen die Driftpotenziale der Einzelkornsäugeräte zwischen 0,08 und 0,45 %.

Die Untersuchung mechanisch arbeitender Universalsäugeräte wurde auf Grund der niederen Werte, die dabei gemessen wurden, nicht weiter verfolgt. Die Abdriftmessung mit einer solchen Maschine ergab ein Driftpotenzial von weniger als 0,005 % vom Ausstoß. Folglich ist bei solchen Geräten eine vergleichsweise sehr geringe Belastung des Naturhaushalts auf Grund von Beizstaubabdrift zu erwarten, auch wenn die driftenden Stäube Insektizide enthalten.

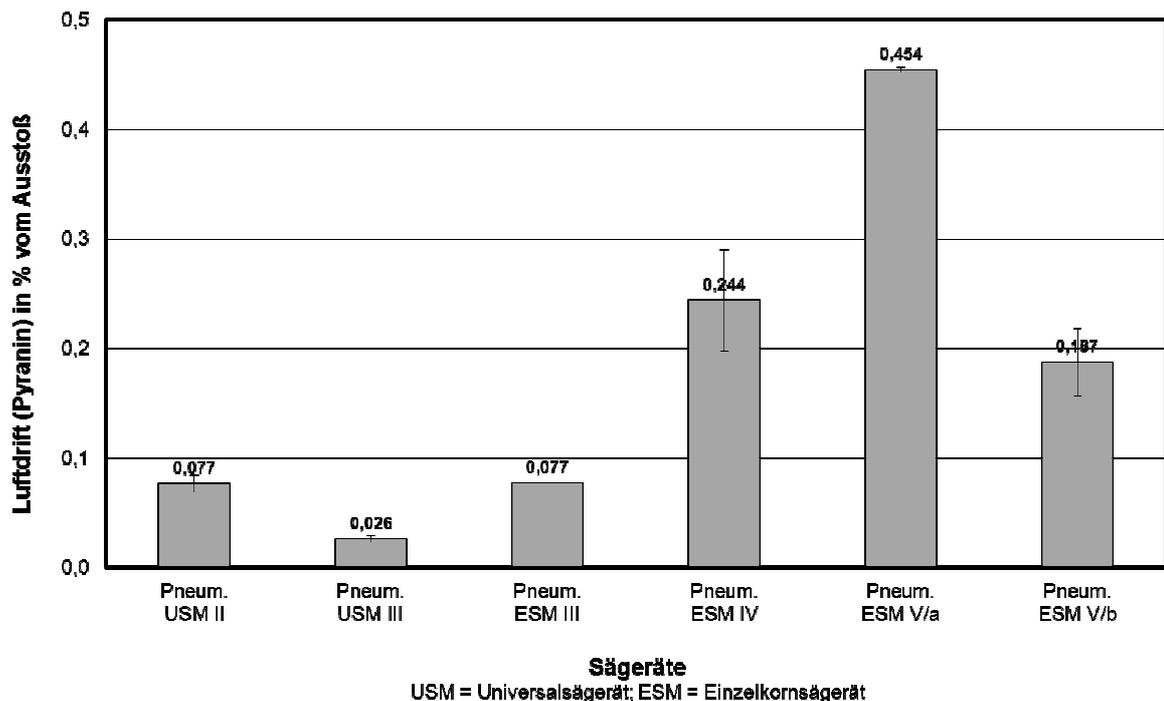


Abb. 23: Driftpotenziale verschiedener Säugeräte.

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse ist in Abb. 23 dargestellt. Abgesehen von einer Einzelmessung („Pneum ESM III“) stellen die Balken jeweils Mittelwerte aus zwei Wiederholungen dar. Die beiden Einzelwerte sind in waagrechten Strichen dargestellt. Überwiegend liegen die Ergebnisse dieser Wiederholungen nah beieinander. Bei Abweichungen von mehr als 10 % zwischen beiden Messungen,

wie dies bei den beiden pneumatischen Einzelkornsägeräten ESM IV und ESM V/b der Fall ist, wird die Messung solange wiederholt, bis die letzten beiden Messungen eine Abweichung von < 10 % ergeben.

Unter den geprüften Maschinen waren zwei pneumatische Universalsägeräte (USM II und USM III). Die Driftpotenziale dieser überwiegend für die Aussaat von Getreide eingesetzten Geräte lagen im Bereich des abdriftärmsten Einzelkornsägeräts. Da diese Geräte in der Praxis vereinzelt auch bei der Aussaat von Mais zum Einsatz kommen, sollten vergleichend entsprechende Driftpotenzialmessungen mit Mais durchgeführt werden. Im Verlängerungszeitraum des Forschungsprojektes wurde eine Universalsämaschine (USM II) diesbezüglich im Prüfstand näher untersucht. Die Ergebnisse sind in Abb. 24 dargestellt (siehe auch Abb. 25). Entsprechend den Vergleichsmessungen bei Einzelkornsägeräten, die ebenfalls mit Granulat und mit Mais geprüft wurden, lag auch hier das Driftpotenzial bei der Maisaussaat ungefähr um das doppelte höher als bei der Messung mit Granulat.

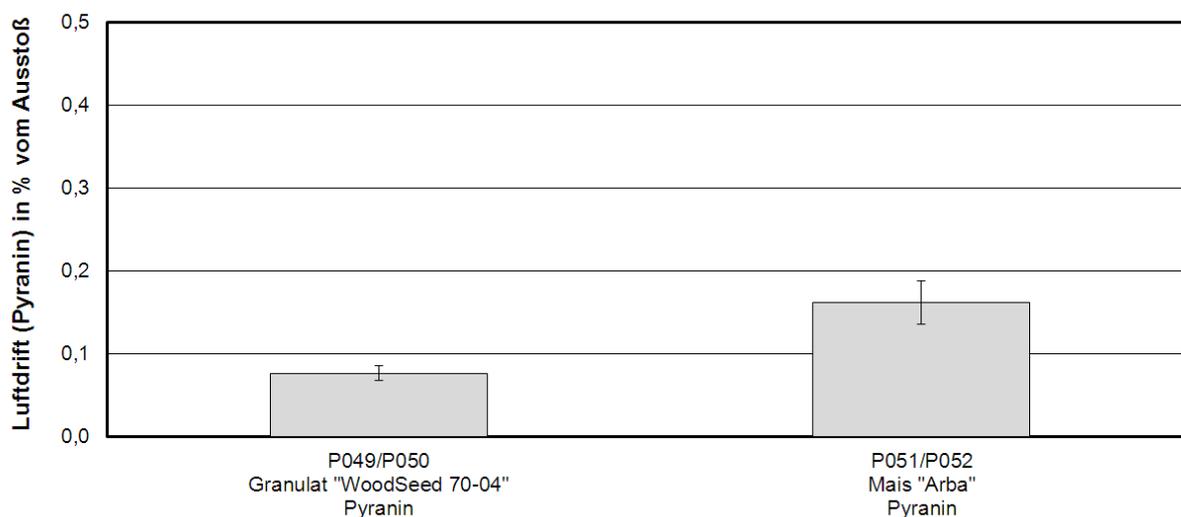


Abb. 24: Driftpotenzial einer Universaldrillmaschine (USM II)

Für die Vergleichsmessungen wurde neben dem bereits beschriebenen Prüfgranulat eine Maischarge verwendet, die ebenfalls mit 2 g Pyranin je kg Saatgut gebeizt war. Auf Grund der glatten Oberfläche wurde jedoch hier ein wesentlich geringerer Anteil an Kleber verwendet (0,1 ml). Zur Verbesserung der Haftfähigkeit des Beizmittels an der glatten Oberfläche der Maiskörner wurde

zusätzlich eine für die Maisbeizung übliche Menge Talkum (2 g) verwendet. Die Saatgutbehandlung dieser Maischarge erfolgte mit einem Chargenbeizgerät im Beizzentrum der Fa. Bayer Crop Science.

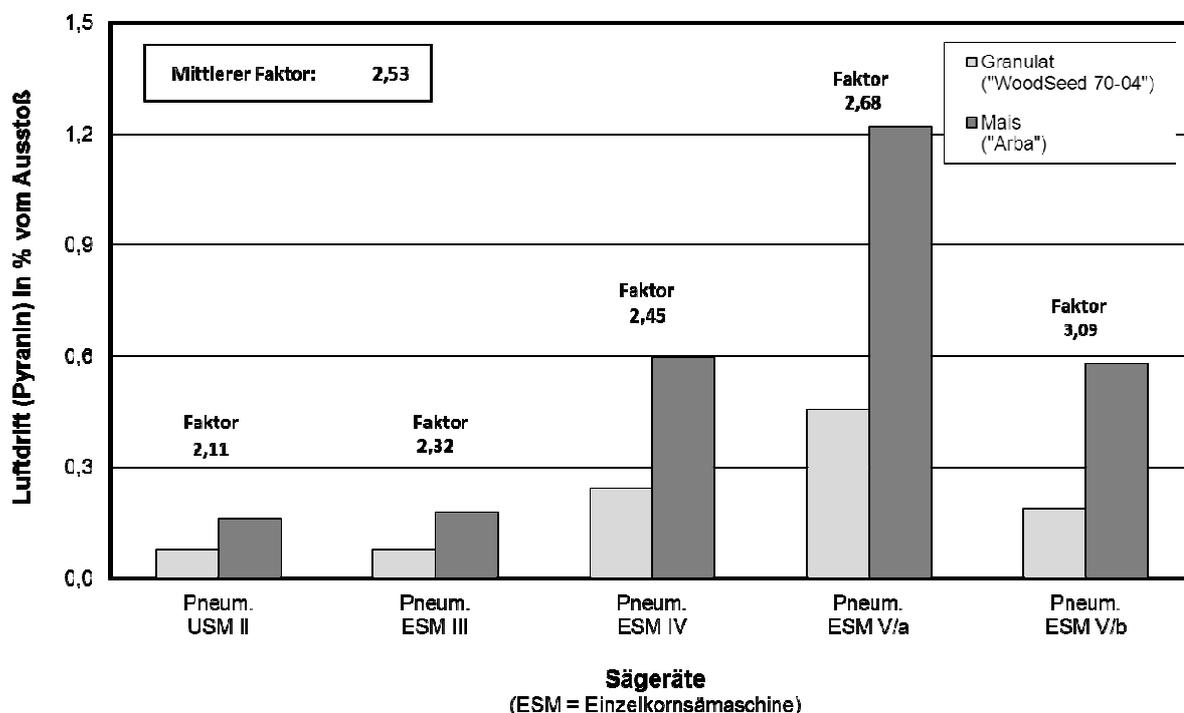


Abb. 25: Korrelation der Messergebnisse bei der Verwendung von Mais und Granulat als Prüfmedium

Die Säulen zeigen eine gute Korrelation der Messergebnisse, wobei das Niveau der Nachweisstoffabdrift bei Mais im Mittel um das 2,5 fache höher liegt, als die Driftpotenziale, die mit Granulat ermittelt wurden. Unter Berücksichtigung eines entsprechenden Korrekturfaktors kann folglich von den Prüfstandsmessungen mit Granulat auf die zu erwartende Abdrift bei der Verwendung von handelsüblichen Saatgutchargen geschlossen werden.

Die Höhe des entsprechenden Korrekturwertes ist dabei nicht allein abhängig von den spezifischen Abriebeigenschaften des Saatguts, weshalb für dessen Ermittlung die Heubachwertbestimmung nicht ausreicht. In Abb. 26 sind die Heubachwerte verschiedener Saatgutarten dargestellt. Diese korrelieren nicht mit den damit auf dem Prüfstand ermittelten Driftpotenzialen. Die dargestellten Werte wurden mit einer Einzelkornsämaschine (ESM IV) gemessen. Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem im Heubach-Dustmeter ermittelten

Staubabrieb und der im Prüfstand gemessenen Abdriftmenge bei der Aussaat des entsprechenden Saatguts wurden drei Chargen miteinander verglichen. Hierzu wurde handelsüblicher Mais der Sorte „Torres“ verwendet, welcher mit Methiocarb gebeizt war, mit Pyranin gebeizter Mais der Sorte „Arba“ und das beschriebene Kunsts Saatgut „WoodSeed 70-04“. Wie die Werte zeigen, ist zwischen den beiden Messwerten keine Korrelation erkennbar. Dabei muss berücksichtigt werden, dass bei der Heubachwertbestimmung der insgesamt abgeriebene Staub einer Saatgutprobe bei standardisierter mechanischer Beanspruchung ermittelt wird. Dagegen wird bei der Abdriftmessung im Prüfstand die im Driftstaub enthaltene Nachweisstoffmenge bestimmt. Folglich lassen sich beide Messwerte nur bedingt vergleichen. Dennoch wären bei schlechteren Abriebwerten von gebeiztem Saatgut vergleichsweise schlechtere Abdrifteigenschaften bei dessen Aussaat zu erwarten.

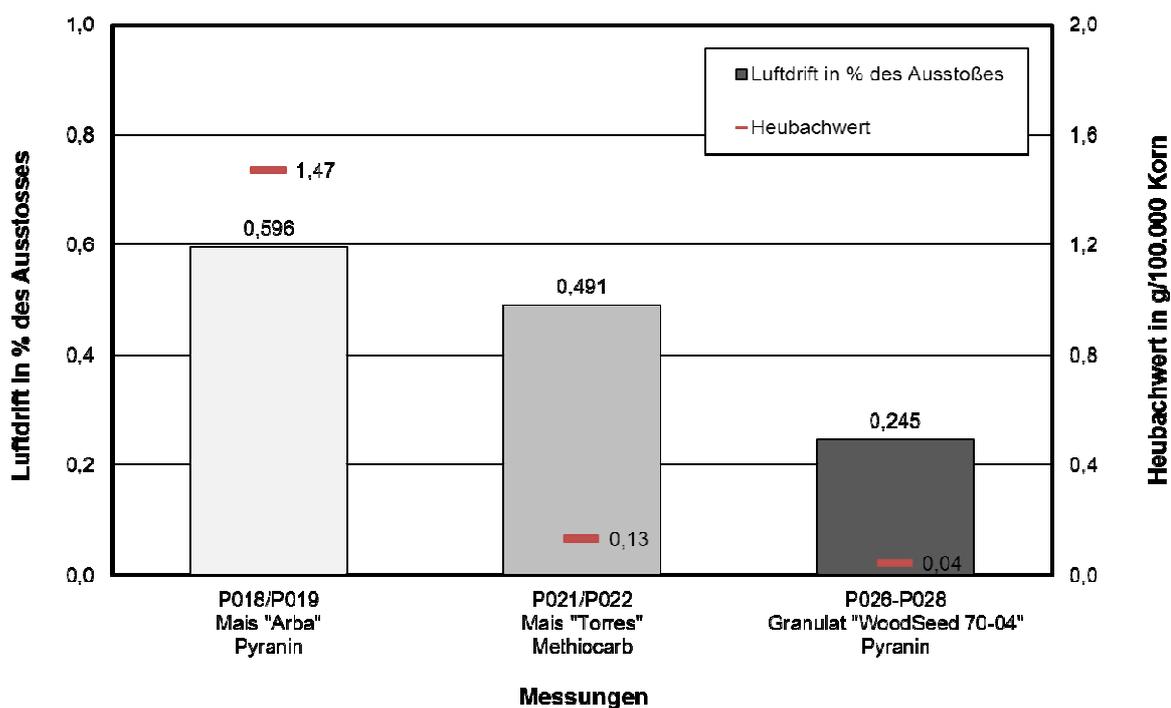


Abb. 26: Vergleich der Heubachwerte verschiedener Saatgutarten mit den Driftpotenzialen einer Einzelkornsämaschine.

Offensichtlich hat die Saatgutform einen wesentlichen Einfluss auf den bauartspezifischen Abrieb in den Saatgut führenden Teilen der Sägeräte. Besonders in Einzelkornsägeräten wird der beim Reiben der Körner untereinander entstehende Staub von der Ansaugluft an der Säscheibe von jedem einzelnen

Korn abgesaugt und am Deflektorauslass ausgeblasen. Je nach Bauart wirken zusätzlich Scherkräfte beim Vereinzeln der Körner. Diese bauartbedingten Unterschiede führen unabhängig von den Abtriebeigenschaften des jeweiligen Saatguts zu unterschiedlichen Abdriftmengen.

Die Korrekturwerte zur Umrechnung des im Prüfverfahren mit Granulat ermittelten Driftpotenzials einer Maschine auf eine tatsächlich anzunehmende Abdrift im Freiland mit herkömmlichem Saatgut müssen folglich für jede Saatgut-Maschinen-Kombination gesondert im Prüfstand ermittelt werden.

Auch folgende Darstellung (Abb. 27) macht deutlich, dass die Heubachwerte einzelner Saatgutchargen nicht mit den im Prüfstand ermittelten Driftpotenzialen korrelieren. Dabei wurde eine Maischarge der Sorte „Arba“ mehrmals hintereinander für Driftpotenzialmessungen verwendet. Vor jedem Durchlauf des Saatguts wurde der Charge eine Probe zur Heubachwertbestimmung entnommen.

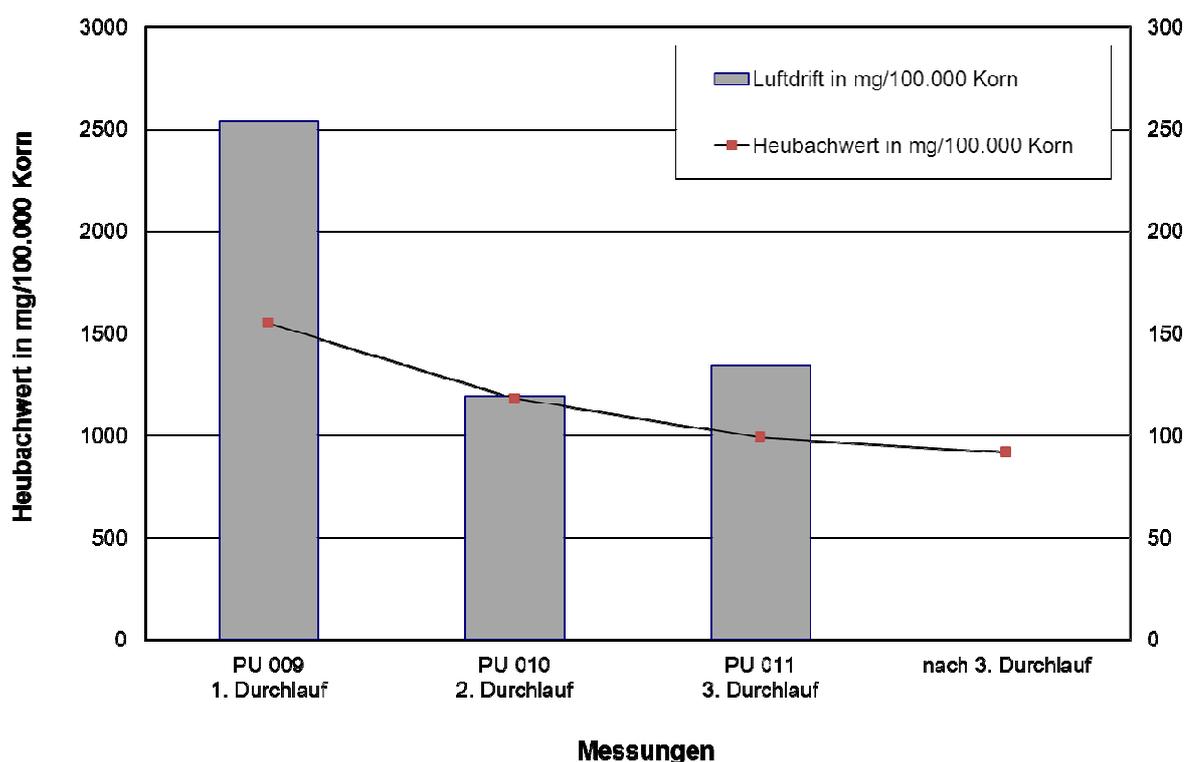


Abb. 27: Vergleich der Heubachwerte mit den Driftpotenzialen einer Einzelkornsämaschine bei mehrmaligem Durchlauf.

Die dargestellten Heubachwerte sind auf die jeweilig gemessenen Abdriftmengen im Prüfstand bezogen. Wie zu erwarten war, nahmen die Heubachwerte nach jeder weiteren Verwendung ab. Dieser Kurvenverlauf wird durch die gemessenen

Abdriftwerte nicht abgebildet. Bei der dritten Messung waren die Abdriftmengen gegenüber dem vorherigen Durchlauf wieder leicht erhöht.

Wie bei der vorangegangenen Fragestellung zeigt sich auch bei diesen Messungen, dass das Abriebverhalten eines Einzelkornsägers unabhängig von den Abriebeigenschaften des Saatguts einen wesentlichen Einfluss auf die Beizstaubabdrift hat. Für eine Risikoabschätzung hinsichtlich der Belastung des Naturhaushalts bei der Aussaat ist die Beurteilung der Saatgutqualität nicht ausreichend. Mit der Prüfmethode kann die Qualität einer Saatgutcharge in Verbindung mit der dafür eingesetzten Maschine gemessen werden.

Die Prüfmethode zur Messung der Beizstaubabdrift ermöglicht auch Aussagen über das Abriebverhalten von Sägeräten. Bei jeder Messung wird sowohl die gesamte abdriftende Staubmenge, als auch die darin enthaltene Wirkstoffmenge ermittelt. Exemplarisch sind die Ergebnisse einer Messung (PU044) mit einem Einzelkornsäger („ESM V“) in Abbildung 28 dargestellt. Dabei sind die prozentualen Wirkstoffmengen bezogen auf den in den einzelnen Filtersegmenten gewogenen Gesamtstaub angegeben.

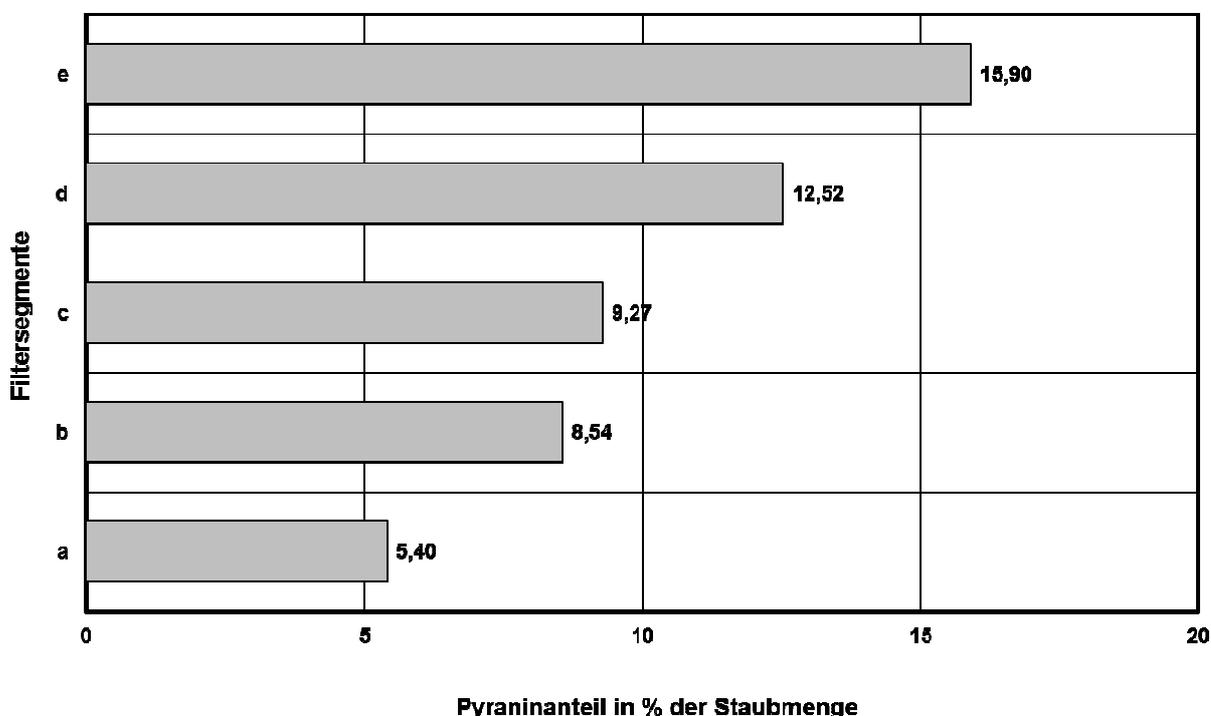


Abb. 28: Abgedriftete Farbstoffmengen im Verhältnis zum gesamten Driftstaub bei einem Einzelkornsäger („ESM V“)

Insgesamt lag der Anteil der Pyranindrift bei 8,77 %. Bei Einzelkornsägeräten lagen die Werte unter 10 %, während bei Universalsägeräten deutlich höhere Anteile gemessen wurden (13-40%). Die Prozentanteile geben einen Hinweis auf den Substanzabrieb an den Körnern beim Saatgutdurchlauf. Ist der Substanzabrieb und damit die mechanische Beanspruchung des Saatguts in den saatgutführenden Teilen des Sägeräts stärker, sind die Prozentzahlen niedriger und umgekehrt.

Die Ursache für diesen Substanzabrieb müsste bei den einzelnen Maschinen näher untersucht werden. Es zeigt sich jedoch auch hier, dass die mechanische Beanspruchung des Saatguts in den Einzelkornsägeräten höher ist als bei den Universalsägeräten.

#### Weitere Untersuchungen zu Emissionsquellen bei Sägeräten

Bei einem Einzelkornsägerät sollte das Bodensediment unter dem Deflektor bei einer Messung (P038) mit gebeiztem Mais näher bestimmt werden. Dazu wurden die Stäube, welche während dem Saatgutdurchlauf unter dem Luftauslass des Deflektors sedimentierten (Abb. 29), mit Sieben unterschiedlicher Maschenweite gesiebt. Die sich daraus ergebenden Fraktionen wurden gewogen und anschließend auf ihren Pyraningehalt fluorometrisch analysiert. Zusammen mit den abgedrifteten Partikeln, die im Filter abgeschieden wurden, ergibt sich unter Vernachlässigung der sonst im Windkanal sedimentierten Stäube die gesamte Staubemission der Maschine.



Abb. 29: Messung der unter dem Deflektor sedimentierenden Stäube

Ergebnisse dieser Messungen sind der Abb. 30 zu entnehmen. Den größten Massenanteil nimmt die Partikelfraktion mit einem optischen Durchmesser von 500 – 1000  $\mu\text{m}$  ein. Die drifffähigen Fraktionen („<100  $\mu\text{m}$ “ und „100-250  $\mu\text{m}$ “) haben zusammen genommen gegenüber der letztgenannten Fraktion zwar eine wesentlich geringere Masse, jedoch sind darin verhältnismäßig hohe Wirkstoffmengen enthalten. Die Summe aller in Abbildung 30 dargestellten Säulen beschreibt unter Vernachlässigung der sonst im Prüfstand sedimentierten Stäube das gesamte Emissionspotenzial der Maschine. Die Schnittmenge von blauem Kasten, welcher die sedimentierten Stäube umfasst und dem roten Kasten, welcher den drifffähigen Anteil des gesamten Emissionspotenzials umfasst, ist die Menge an drifffähigen Stäuben, um welche die tatsächliche Abdrift durch den Deflektor reduziert wurde.

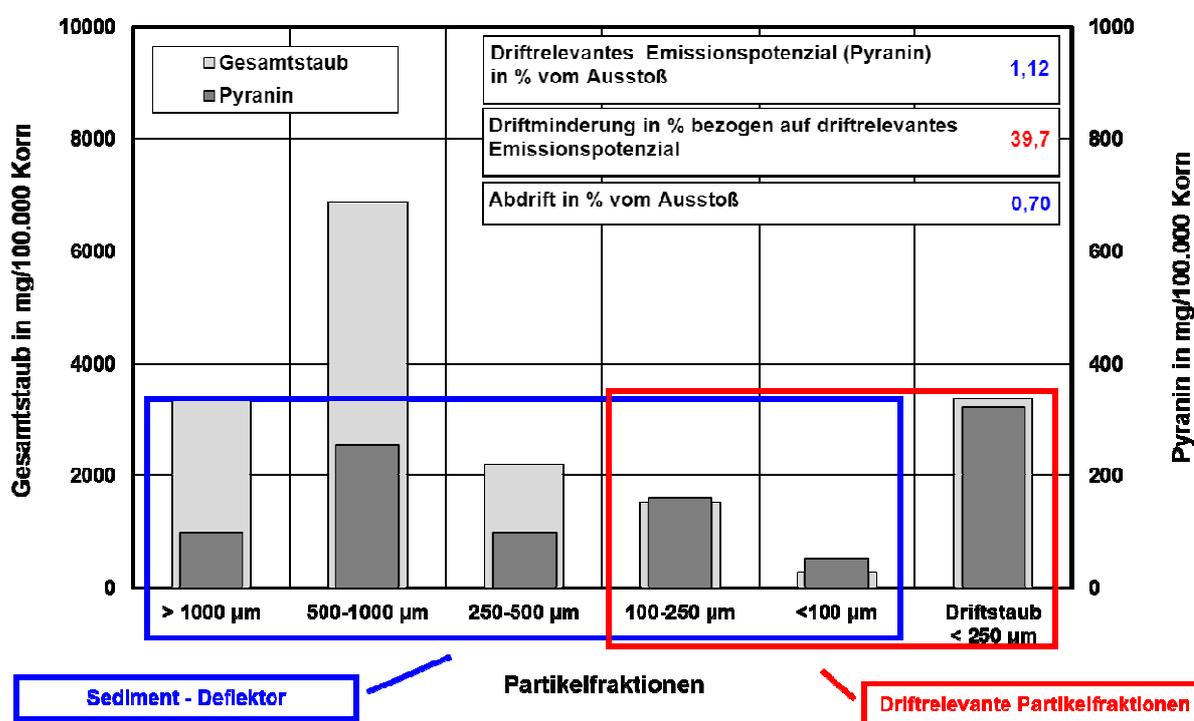


Abb. 30: Staubemission eines Einzelkornsägeräts differenziert in verschiedene Partikelfractionen.

Obwohl die Grenzen zwischen sedimentierenden und luftgetragenen Stäuben fließend sind, kann durch die größenabhängige Bestimmung der Staubemissionen von Sägeräten die Effizienz der eingesetzten Deflektoren untersucht werden.

Das Driftpotenzial dieser Messung entspricht dem Gerät „Pneum. ESM V/a“ in Abbildung 25. Auf Grund der schlechten Abdriftwerte wurde der Deflektor vom Hersteller weiter entwickelt. Im Zuge der Messungen erfolgte vom Hersteller ein Austausch der Standardtechnik durch diesen modifizierten Deflektor (Abb. 31 und Abb. 32). Zur weiteren Reduzierung der Abdrift wurde das vorhandene Gebläse durch ein neues Gebläse mit einer geringeren Leistung ersetzt. Nach dieser Umrüstung wurden erneut Messungen mit diesem Sägerät durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 25 mit „Pneum. ESM V/b“ gekennzeichnet. Die Säulen zeigen eine Reduzierung der Abdrift um ca. 50 %.



Abb. 31: Umrüstsatz (Deflektor) an einem Einzelkornsägerät



Abb. 32: Verbesserter Umrüstsatz

Um die tatsächliche durch die Gebläseabluft bedingte Staubemission der Geräte bestimmen zu können, erfolgte im Rahmen einer Abdriftmessung auf dem Sägeräteprüfstand eine Abscheidung sämtlicher aus dem Deflektor austretenden Stäube durch ein Filtervlies. Wie in Abb. 33 dargestellt, wurde das Vlies dazu in

Sackform über den Deflektor gestülpt und die Sacköffnung mit Kabelbindern an den Abluftrohren dicht verschlossen. Abbildung 34 zeigt den geöffneten Filtersack nach der Messung.



Abb. 33: Sack aus Filtrervlies zur Abscheidung der am Deflektor austretenden Stäube.



Abb. 34: Im Vliessack abgeschiedene Stäube.

In Abbildung 35 sind die Ergebnisse dieser Messung dargestellt. Durch die Abscheidung der aus dem Deflektor austretenden Stäube konnte das Driftpotenzial um über 90 % reduziert werden. In der Darstellung wurden die bei dieser Messung ermittelten Driftwerte mit Ergebnissen aus herkömmlichen

Messungen mit derselben Maschine verglichen. Als Saatgut kam jeweils mit Pyranin gebeizter Mais der Sorte „Arba“ zum Einsatz.

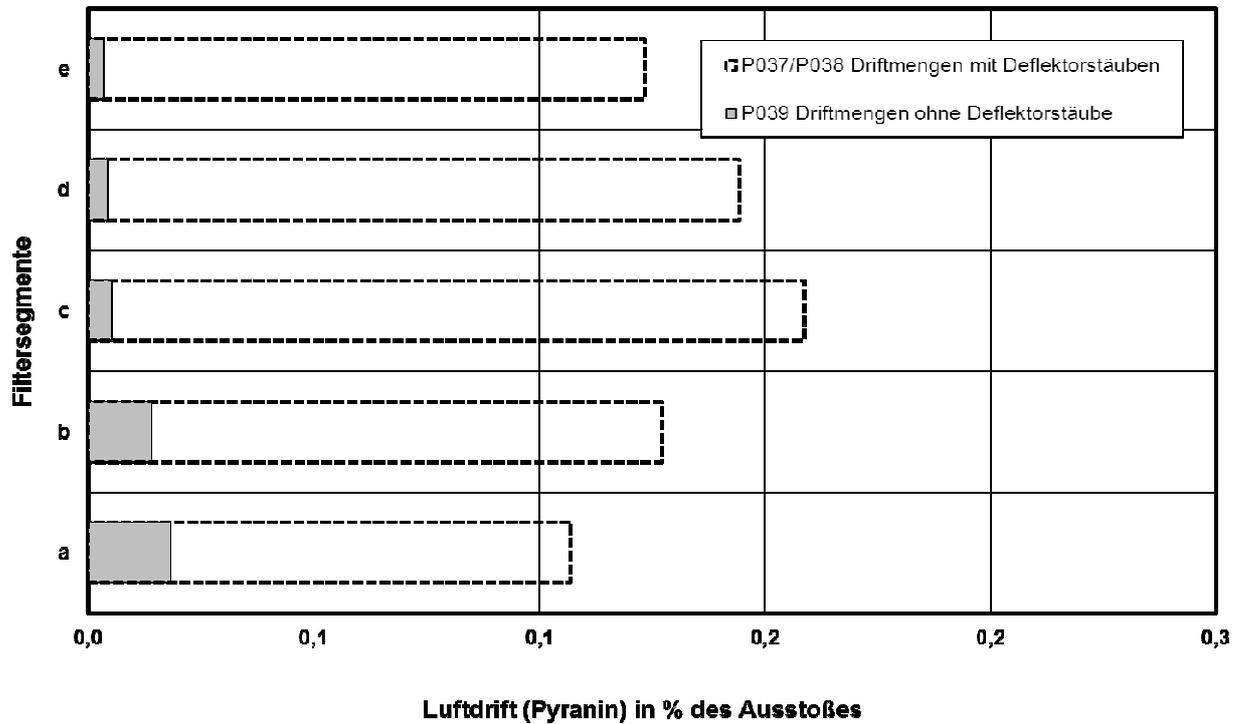


Abb. 35: Reduzierte Abdriftmengen durch Abscheidung der am Deflektor austretenden Stäube.

Wie zu vermuten war, und wie diese beiden beschriebenen Messungen zeigen, geht von der Gebläseabluft der Hauptteil der abdriftenden Beizstäube aus. Folglich bringen weitere Verbesserungen der Deflektoren den größten Effekt hinsichtlich der Reduzierung der Beizstaubabdrift.

## Freilandmessungen

Wie bereits beschrieben, wurden bei den Freilandmessungen zur vertikalen Messung Driftmengen („Luftdrift“) verschiedene Kollektoren eingesetzt. In Abbildung 36 sind die Mittelwerte der mit den jeweiligen Kollektoren gemessenen Driftmengen aus vier Messungen vergleichend dargestellt.

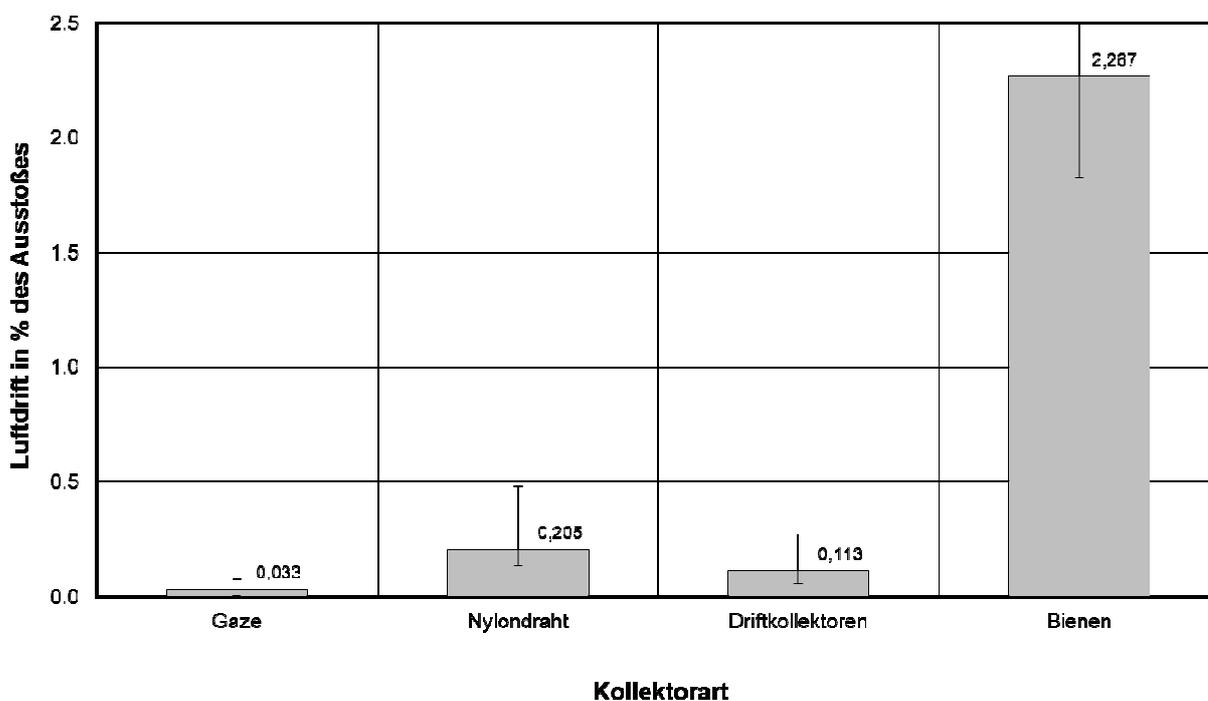


Abb. 36: Mittlere Abdriftwerte verschiedener Driftkollektoren aus vier Messungen mit Einzelkornsäugeräten (gemessen von 0 bis 1 m über dem Boden bei einem Messabstand von 1 m von der Nulllinie des Messfeldes).

Die vergleichsweise hohen Abdriftmengen, die an Bienen gemessen wurden, konnten im Forschungszeitraum nicht ausreichend erklärt werden. Möglicherweise hängen die hohen Staubmengen mit der elektrostatischen Ladung zusammen, die bei Untersuchungen in den USA an Bienen nachgewiesen werden konnten<sup>7</sup>. In allen Versuchen lag das mit Gaze ermittelte Abdriftniveau unterhalb den Nachweisstoffmengen, die an den anderen Kollektoren gemessen wurden. Offensichtlich wird das großflächig aufgespannte Gewebe von der Abdriftwolke auf Grund des hohen Luftwiderstands teilweise umströmt. Die

<sup>7</sup> Lighthart et al.

Strömungsgeschwindigkeit der Luft war direkt vor und hinter der Gaze gegenüber der eigentlichen Windgeschwindigkeit deutlich reduziert. Da nur die in der durchströmenden Luft enthaltenen Stäube abgeschieden werden, fallen die Werte geringer aus als bei den vergleichend eingesetzten Kollektoren, die einen geringeren Luftwiderstand aufweisen. Ein ähnlicher Effekt könnte für die vergleichsweise niederen Werte der Bälle aus Kunststoffgeflecht gegenüber den Nylondrähten verantwortlich sein. Für die nachfolgenden Darstellungen der Ergebnisse zu den Messungen der Luftdrift wurden die mit Nylondraht ermittelten Messergebnisse herangezogen.

Die in Abb. 34 dargestellten Luftdriftwerte einer Messung (F012) mit einem Einzelkornsäegerät („ESM IV“), die hier exemplarisch für die Mehrzahl der Freilandmessungen steht, lassen den Schluss zu, dass der kleinere Anteil der über die Nulllinie hinweg driftenden Stäube im Nahbereich des Aussaatfeldes sedimentiert. Die Werte in 1 m Abstand nehmen mit zunehmender Höhe ab. Sie zeigen eine ähnliche Verteilung wie die vertikale Verteilung der Abdrift im Prüfstand.

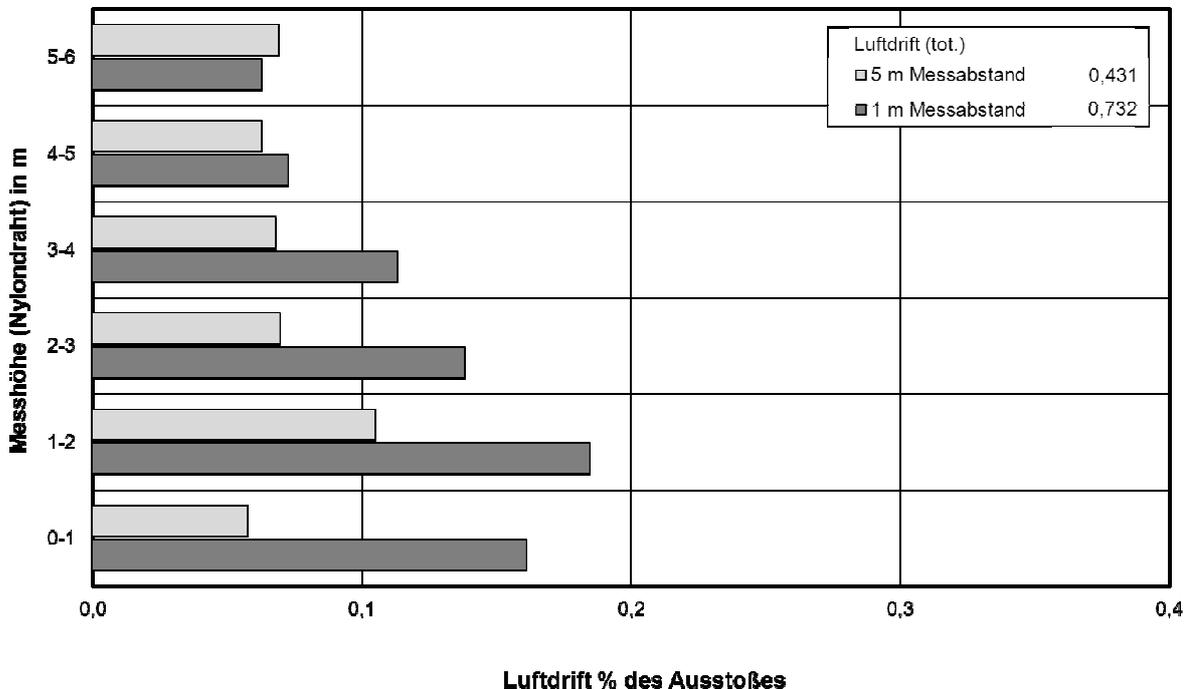


Abb. 34: Vertikale Verteilung der Abdriftmengen bei der Aussaat von Mais mit einem Einzelkornsäegerät („ESM IV“), gemessen in 1 m und 5 m Abstand von der Nulllinie (F012).

Mit zunehmender Entfernung von der Nulllinie zeigt sich eine Tendenz zu einer gleichmäßigen Beizstaubkonzentration in der Abdriftwolke. In einem Abstand von 5 m von der Nulllinie sind die Abdriftmengen über die gesamte Messhöhe ausgeglichen. Die Sedimentation größerer Partikel zwischen 1 und 5 m führt zu einem Rückgang der Luftdrift innerhalb dieses Bereichs. Ein wesentlicher Anteil der bei 1 m gemessenen Luftdrift schwebt in Form einer Abdriftwolke über den Nahbereich hinweg.

Die Messung der Luftdrift in größerer Entfernung von der Nulllinie bestätigt die obige Interpretation der Driftwerte. Wie die Werte in Abbildung 35 zeigen, erfolgt auch hier eine Abnahme der Beizstaubmengen innerhalb der ersten Meter neben dem Aussaatfeld. Mit zunehmender Entfernung von der Nulllinie bleiben die Abdriftwerte offensichtlich unverändert. Bei jeder gefahrenen Bahn entsteht also eine Beizstaubwolke, die mit unveränderter Wirkstoffkonzentration durch Wind über weite Strecken getragen werden kann.

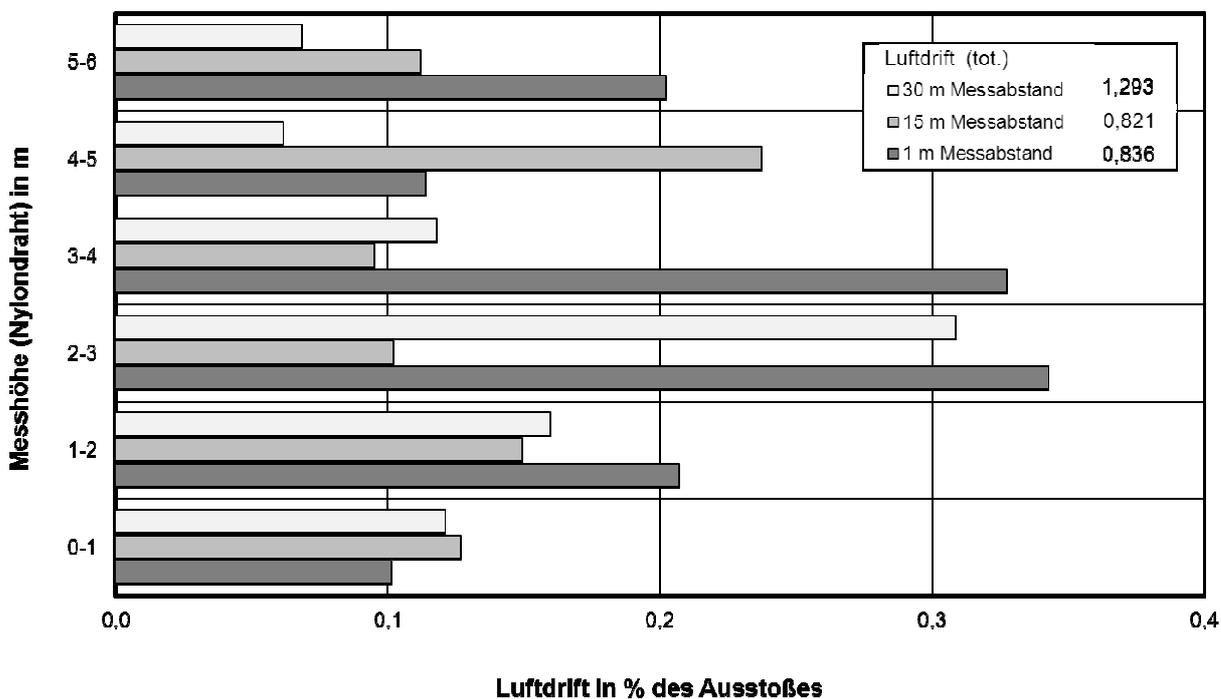


Abb. 35: Vertikale Verteilung der Abdriftmengen bei der Aussaat von Mais mit einem Einzelkornsäugerät („ESM V“), gemessen in 1 m, 15 m und 30 m Abstand von der Nulllinie.

Die Messanordnung zur Bestimmung der Luftdrift in verschiedenen Abständen von der Nulllinie gibt also groben Aufschluss über den Sedimentationsverlauf driftender Stäube. Allerdings ist eine Voraussage von Driftverläufen auf Basis der im Freiland gewonnenen Werte schwierig. Hier sind weitere Messungen nötig, bei denen Einflussfaktoren wie Windgeschwindigkeit, Temperatur, Strahlung sowie Beschaffenheit und Geometrie driftender Partikel näher zu untersuchen sind.

Die Driftkurve des Bodensediments zeigt einen erwarteten Verlauf, in dem sich das einleitend beschriebene Sedimentationsverhalten von Stäuben widerspiegelt. Größere Beizstaubpartikel als Träger höherer Mengen aktiver Substanz sedimentieren schneller, weshalb im Nahbereich des Saatfeldes höhere Werte gemessen werden. Mit zunehmender Entfernung von der Nulllinie werden die sedimentierenden Partikel kleiner und somit die nachgewiesenen Abdriftmengen je Flächeneinheit geringer (Abb. 36). Die im Diagramm dargestellten Abdriftwerte beschreiben näherungsweise eine Exponentialverteilung.

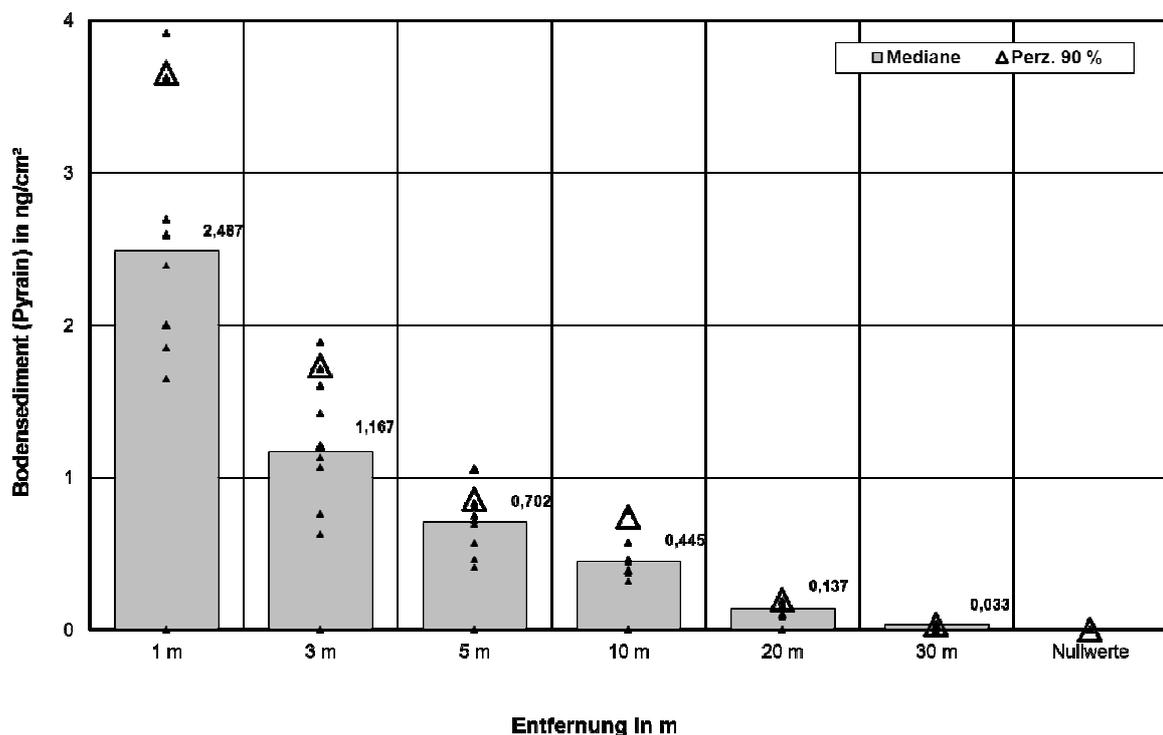


Abb. 36: Bodensediment (Pyranin) bei der Aussaat von Mais mit einem Einzelkornsägerät "ESM IV" (in ng/cm²).

Für die Bilanzierung der im Nahbereich sedimentierenden Beizstäube (bis 30 m) wird die aus den gemessenen Abdriftwerten eine Exponentialfunktion berechnet.

Hierzu werden nicht die in Abbildung 36 angegebenen Mediane herangezogen, sondern die Mittelwerte, die sich aus den 10 Wiederholungen je Messabstand ergeben. Das errechnete Integral unter der interpolierten Abdriftkurve entspricht der absoluten Abdriftmenge je Streckeneinheit. Diese wiederum ergibt sich aus der Summe gefahrener Säbahnen. Jede dieser Bahnen besitzt eine eigene Abdriftkurve. Diese einzelnen Abdriftkurven, jeweils versetzt um die Arbeitsbreite, summieren sich zur gemessenen Abdriftkurve auf. In dargestelltem Beispiel ergibt sich aus den errechneten flächenbezogenen Mittelwerten (in ng/cm<sup>2</sup>) eine Exponentialfunktion, welche den in der Legende angegebenen Verlauf hat ( $y=1,9519e^{-0,1372x}$ ). „X“ steht für die Messentfernung in m, „y“ für die Menge an Nachweisstoff in ng. Bis zu einer beliebigen Entfernung kann mit dieser Kurve die absolute Driftmenge je Streckeneinheit berechnet werden. Im Beispiel ergibt sich bis 30 m Entfernung von der Nulllinie eine Driftmenge von 1.338 ng/cm Fahrt.

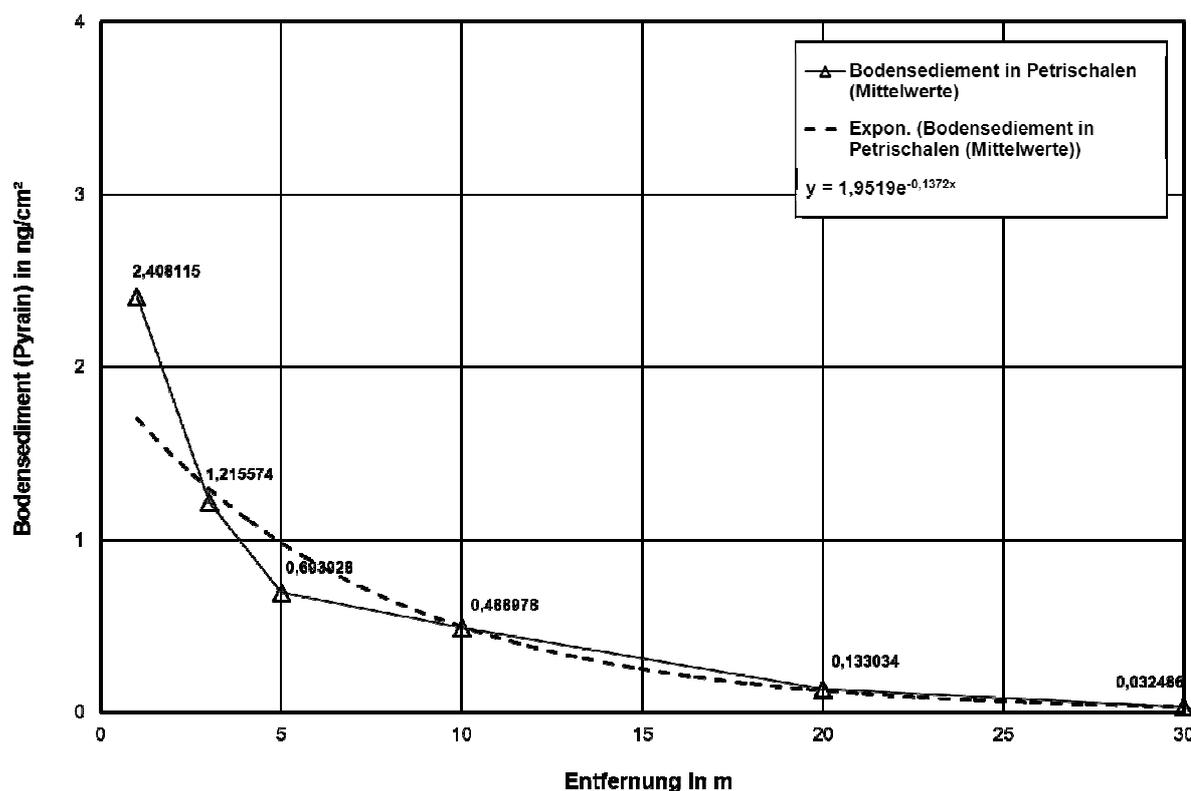


Abb. 37: Interpolierte Abdriftkurve zur Bilanzierung der im Nahbereich sedimentierten Beizstäube

Entsprechend der Vorgehensweise bei der Ermittlung der Luftdrift wird die so berechnete Driftmenge mit der ausgebrachten Menge aktiver Substanz in

Beziehung gesetzt. Im Beispiel ergibt sich aus einem Hektaraufwand von 48,2 g Pyranin bei einer Fahrstrecke von 1 cm und einer Arbeitsbreite von 3 m ein Pyraninausstoß von 144,6 µg. Multipliziert mit der Anzahl gefahrener Bahnen, welche im beschriebenen Freilandversuch 9 Bahnen betrug, ergibt sich eine Referenzmenge von 1.302,0 µg/cm Fahrstrecke. Für das Bodensediment ergibt sich daraus, wie in Abbildung 38 angegeben, eine relative Abdrift von 0,103 %.

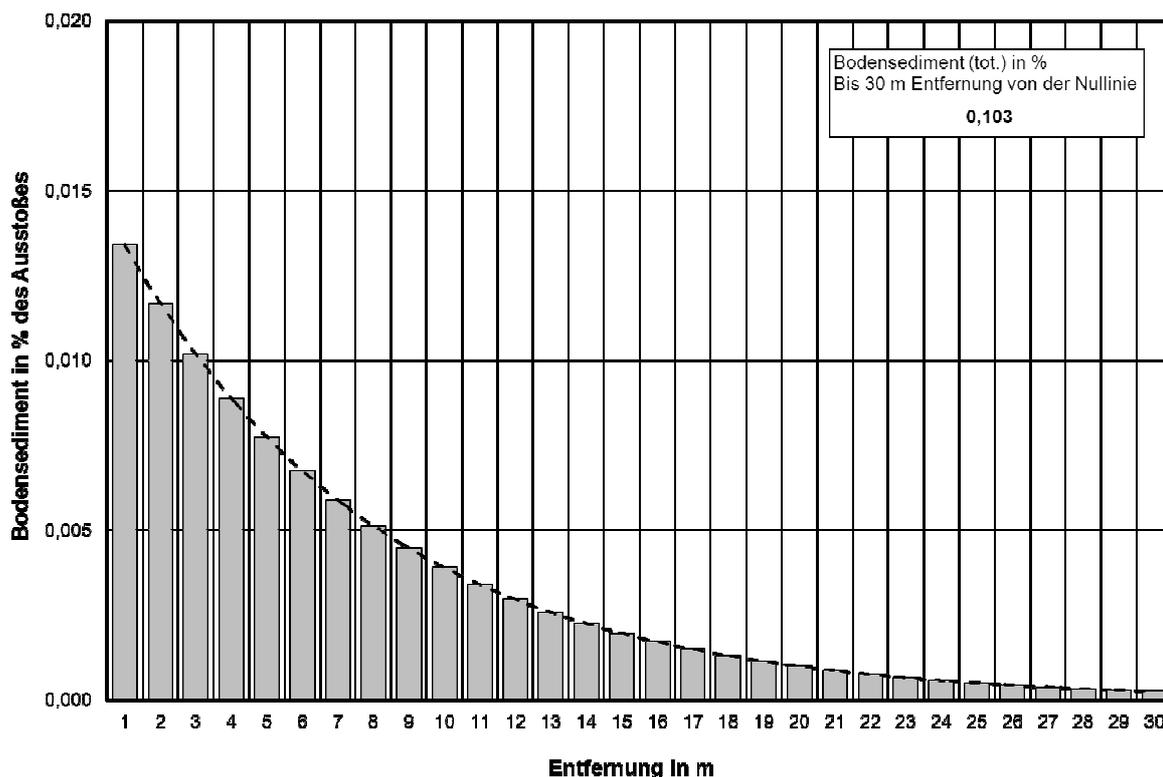


Abb. 38: Interpolierte Abdriftmengen (Bodensediment) einer Freilandmessung in % vom Ausstoß

Diese bei Freilandmessungen ermittelten Driftverläufe werden herangezogen, um aus den im Prüfstand ermittelten Driftpotenzialen Expositionsszenarien für die Aussaat mit den entsprechenden Sägeräten zu berechnen. Zur Risikoabschätzung der Aussaat gebeizten Saatguts erübrigen sich damit aufwändige Freilandmessungen. Für die Berechnung dieser Szenarien wird aus dem Bodensediment, welches sich aus driftenden Stäuben mehrerer Säbahnen zusammensetzt, die Driftkurve einer einzelnen gesäten Bahn berechnet. Das im Prüfstand ermittelte Driftpotenzial entspricht der maximal möglichen Driftmenge, die bei der Aussaat einer Säbahn neben der Saatfläche sedimentieren kann.

Diese Driftmenge verteilt sich entsprechend der errechneten Driftkurve. Abhängig von der Breite der für ein Szenario angenommenen Saatfläche werden entsprechend viele Driftkurven entsprechend der Abbildung 39 um die jeweilige Arbeitsbreite der Sämaschine versetzt nebeneinander gelegt. Das gesamte anzunehmende Bodensediment im Nahbereich der Aussaatfläche ergibt sich aus der Summe der Kurvenabschnitte, die rechts von der gestrichelten Nulllinie liegen.

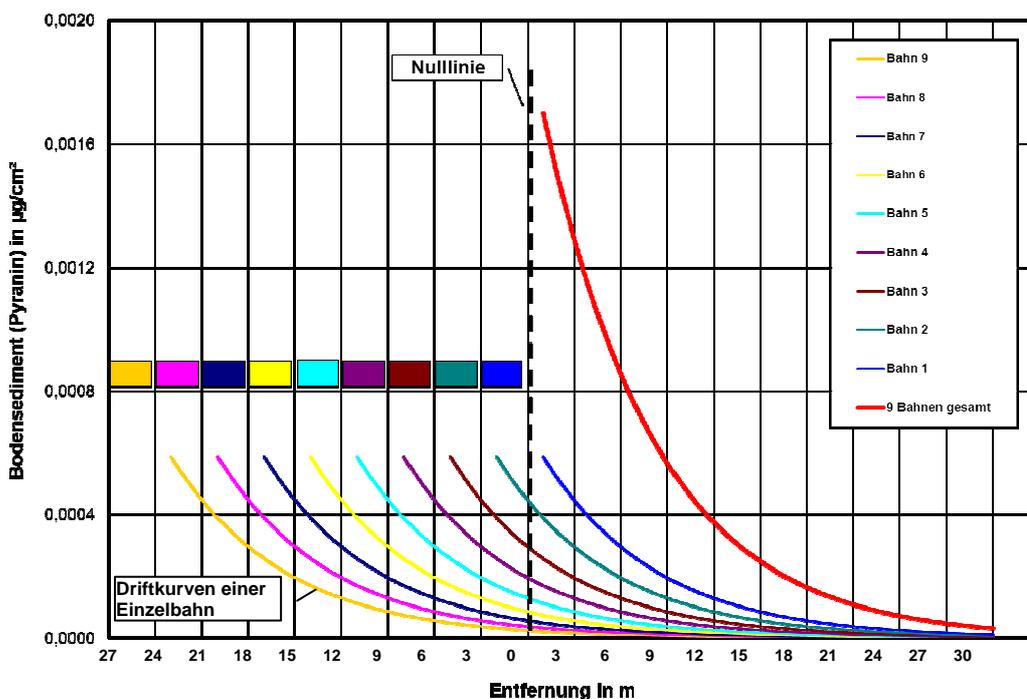


Abb. 39: Interpolierte Abdriftmengen (Bodensediment) einer Freilandmessung in % vom Ausstoß

Eine wesentliche Fragestellung bei der Durchführung der Freilandmessungen war, in wie weit die bei Abdriftmessungen im Sägeräteprüfstand ermittelten Driftpotenziale den im Freiland gemessenen Driftmengen entsprechen. Aus den 21 Freilandmessungen, die mit 6 verschiedenen Sägeräten durchgeführt wurden, konnten die Ergebnisse aus 3 Messungen direkt mit Ergebnissen aus den Prüfungen verglichen werden, da hier ebenfalls Granulat als Saatgut verwendet wurde. Diese sind in Abb. 40 dargestellt. Wie dem Diagramm zu entnehmen ist, liegen die Werte der bei den Freilandmessungen mit Nyldrähten gemessenen Luftdrift und des im Prüfstand ermittelten Driftpotentials, welches der für diese Sägeräte-Saatgut-Kombination maximal möglichen Luftdrift entspricht, im gleichen Bereich. Das abgebildete Bodensediment zeigt sehr deutlich, dass die alleinige Messung des Bodensediments die Belastung des Naturhaushalts insgesamt nicht

abbilden kann. Die gesamte Beizstaubdrift liegt deutlich über den mit Petrischalen ermittelten Driftwerten.

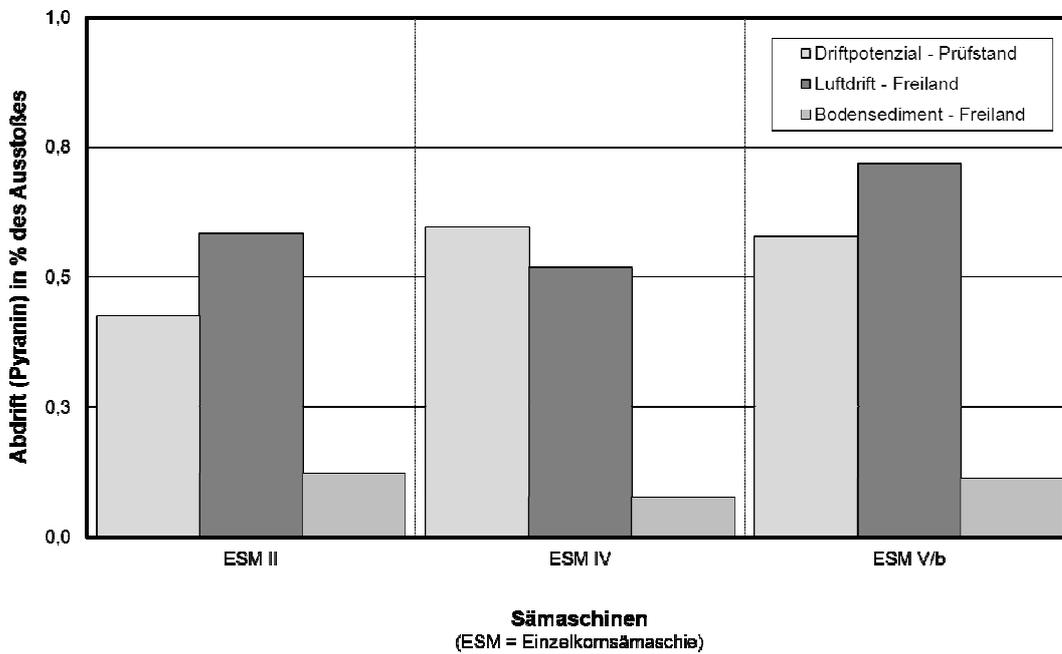


Abb. 40: Interpolierte Abdriftmengen (Bodensediment) einer Freilandmessung in % vom Ausstoß

Für die Berechnung eines Worst-Case-Expositionsszenarios für den Nahbereich stellt die Luftdrift bzw. das im Prüfstand ermittelte Driftpotenzial die maximal mögliche Beizstaubmenge dar, die neben der gesäten Fläche sedimentieren kann. Wie oben dargestellte Werte zeigen, ist die Menge sedimentierender Stäube unter normalen Saatbedingungen wesentlich geringer, als die gemessene Luftdrift.

### **Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse**

Mit dem im Forschungszeitraum entwickelten Prüfverfahren ist es möglich, unter standardisierten Bedingungen, das Driftpotenzial von Sägeräten zu ermitteln. Instabile Witterungsverhältnisse, wie sie bei Freilandmessungen gegeben sind, werden hierbei ausgeschlossen. Bei der simulierten Aussaat im Windkanal werden sämtliche driffähigen Staubemissionen durch einen Filter abgeschieden und können anschließend quantitativ gemessen werden. Somit stellen die ermittelten Emissionsmengen eine durch die technischen Eigenschaften der Maschine bedingte wie auch von der Qualität des Saatguts abhängige „Worst-Case-Situation“ dar.

Die gewonnenen Messdaten erlauben eine Beurteilung der Geräte hinsichtlich der mechanischen Beeinträchtigung des Saatguts im Saatgutstrom und des Emissionsverhaltens. Mit der Verwendung eines Kunsts Saatguts, welches im Rahmen des Forschungsprojekts entwickelt wurde, können mit dem Prüfverfahren reproduzierbare Ergebnisse erarbeitet werden. Damit wurden die Grundlagen für die Prüfung von Sägeräten sämtlicher Bautypen geschaffen.

Wie die Arbeiten im Rahmen des Forschungsprojekts zeigen, kann zudem die Effizienz technischer Verbesserungen an Maschinen durch Messungen im Prüfstand getestet werden. Eine Untersuchung der Geräte auf mögliche Emissionsquellen hin ist möglich und es können Lösungsansätze zur Reduzierung der Beizstaubabdrift erarbeitet werden. Dabei ermöglicht der Prüfstand eine anschauliche Demonstration des Emissionsverhaltens von Sägeräten.

Das im Prüfstand ermittelte Driftpotenzial einer Sägeräte-Saatgutkombination spiegelt die maximale im Freiland zu erwartende Abdrift von Beizstäuben bei entsprechenden Windbedingungen wider. Damit besteht die Möglichkeit, aus den im Prüfstand ermittelten Werten Expositionsszenarien zu erarbeiten. Hierfür werden die bei Freilandmessungen ermittelten Driftkurven herangezogen, deren Verläufe wesentlich von der Windgeschwindigkeit abhängen. Diese Szenarien sind jedoch lediglich für den Nahbereich berechenbar. Die Driftverläufe nichtsedimentierender Stäube sind nicht ausreichend erforscht. Hier sind weitere Messungen im Freiland nötig.

#### **IV Zusammenfassung**

Ausgehend von den Bienenschäden im Frühjahr 2008 während der Aussaat von gebeiztem Maissaatgut, wurde ein Prüfverfahren zur standardisierten Messung der Abdrift von Beizstäuben bei Sägeräten entwickelt. Im Rahmen eines dreijährigen, durch die BLE geförderten Forschungsprojekts am Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg in Stuttgart wurden hierzu die fachlichen Grundlagen erarbeitet und ein Indoor-Prüfstand erstellt, mit dem die driftfähigen Beizstaubemissionen gemessen werden können. Für diese Prüfmethode, mit der gesicherte und reproduzierbare Messergebnisse erarbeitet werden können, wurde zusätzlich ein Kunstsaatgut entwickelt, welches sich für die Prüfung aller in der Praxis eingesetzten Universalsägeräte und Einzelkornsägeräte eignet.

Bei der Erarbeitung der standardisierten Prüfmethode wurde mit zahlreichen Messungen das Driftpotenzial von verschiedenen Sägeräten gemessen. Zur Untersuchung des Kunstsaatguts hinsichtlich der Eignung als Prüfmedium wurden mehrfach Vergleichsmessungen mit herkömmlichem Saatgut wie Mais, Gerste, Weizen und Raps durchgeführt. Als Nachweisstoff zeigte sich ein fluoreszierender Farbstoff als geeignet, mit dem das Saatgut gebeizt wird und dessen Rückstände in dem durch einen Filter abgeschiedenen Driftstaub schnell und kostengünstig gemessen werden können.

Zur Validierung der Indoor-Prüfmethode wurden mit den im Prüfstand untersuchten Geräten vergleichend Freilandmessungen durchgeführt. Dabei erfolgte, zur Vergleichbarkeit der im Prüfverfahren ermittelten Driftmengen mit den Freilandmesswerten, neben der Messung der im Nahbereich der gesäten Fläche sedimentierenden Stäube auch die Messung der Luftdrift bis 6 m Höhe mit verschiedenen Kollektoren. Die jeweilig ermittelten Driftpotenziale lagen auf vergleichbarem Niveau, so dass mit der standardisierten Abdriftmessung im Prüfstand ein geeignetes Instrument geschaffen wurde, mit dem auch Expositionsszenarien für die Aussaat von gebeiztem Saatgut erarbeitet werden können. Forschungsbedarf besteht noch im Bereich der Expositionspfade nicht sedimentierender Stäube. Auch das Staubanhaftungsverhalten an Nichtzielarthropoden und hier im Besonderen an Bienen muss in diesem Zusammenhang noch näher untersucht werden.

#### **IV Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen**

Entsprechend den im Antrag formulierten Zielen wurde in der dreijährigen Projektlaufzeit eine umfangreiche Datenrecherche zu den am Markt verfügbaren Sägeräten, den zugelassenen Beizmitteln, ihrer Verwendungsbereiche und den Verwendungsumfang durchgeführt. Zur Untersuchung des Abriebverhaltens der verschiedenen Saatgutarten wurden die Heubachwerte bestimmt. Hierzu erfolgten auch Messungen mit einem Modellprüfstand, die sowohl der Beurteilung des Abriebverhaltens von Saatgut dienen, als auch der Untersuchung der Eignung verschiedener Filtermaterialien zur Abscheidung von Beizstäuben aus der Luft.

Nach Auswahl der Komponenten für eine stationäre Prüfeinrichtung und der anschließenden Erstellung des Prüfstands wurde eine Prüfmethode erarbeitet, deren Reproduzierbarkeit durch zahlreiche Abdriftmessungen mit verschiedenen Sägeräten getestet wurde. Wie im Projektantrag vorgesehen, wurde bei parallel dazu durchgeführten Feldmessungen ermittelt, inwieweit die im Prüfstand gemessenen Abdriftmengen mit den unter Freilandbedingungen gemessenen Werten korrelieren. Bei der Konstruktion des Prüfstandes wurden Anregungen des Julius Kühn-Instituts (JKI) berücksichtigt.

Zur Schaffung standardisierter Prüfbedingungen wurde entsprechend dem Arbeitsplan ein einheitliches Saatgut entwickelt, mit dem sich alle relevanten Sägerätebautypen vergleichend beurteilen lassen. Die Vergleichbarkeit der Abriebeigenschaften zwischen dem aus einem Holz-Kunststoff-Gemisch bestehenden gebeizten Granulat, und handelsüblichem Saatgut, wurden mit dem Heubachttest und durch Vergleichsmessungen auf dem Sägeräteprüfstand nachgewiesen.

Im Anschluss an die oben beschriebenen Arbeiten wurde der Prüfstand wie vorgesehen nach Braunschweig zum JKI transportiert und dort auf einem Hydropulsprüfstand montiert. Dabei wurde der Einfluss von Erschütterungen auf die Beizstaubdrift während der Aussaat ermittelt.

Die in der Projektlaufzeit durchgeführten Arbeiten orientierten sich damit eng an den im Projektantrag vorgegebenen Arbeitsplan. Durch den verspäteten Projektbeginn gab es lediglich zeitliche Verschiebungen, die eine Projektverlängerung um ein Jahr erforderlich machten.

## VI Literaturverzeichnis

1. Herbst, A.; Wygoda, H.-J.: Pyranin – ein fluoreszierender Farbstoff für applikationstechnische Versuche; Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienste, Ausg. 58, S.79-85; Ulmer-Verlag; Stuttgart, 2006
2. Kraus, J.: „Bewertung des Staubemissionsverhaltens handgeführter Maschinen“ (Präsentation zum Forschungsprojekt:  
[http://www.gisbau.de/service/sonstige/staub/Kraus\\_Kluger\\_Forschungsprojekt](http://www.gisbau.de/service/sonstige/staub/Kraus_Kluger_Forschungsprojekt))  
– ohne Erscheinungsdatum
3. Online Encyclopedia (<http://www.encyclo.co.uk/define/Airborne%20drift>). Abruf am 01.10.2010
4. Prier, K.R.S.; Lighthart, B.; Bromenshenk, J.J.: Adsorption of Aerosolized Bacterial Spores (*Bacillus subtilis* Variety niger) Onto Free-Flying Honey Bees (Hymenoptera: Apidae and its Validation); Environmental Entymology, Vol. 30, no. 6, S. 1188-1192; Entymological Society of America, 2001
5. Schmidt, K.: Hinweise zu Fluorometrie und APPLCALC, Stuttgart
6. Wernli, H.R.: Einführung in die Tracerhydrologie, Geographisches Institut der Universität Bern, Bern: 2003

## VII Anhang

- 1 Tabelle mit Messergebnissen sämtlicher Prüfstands- und Freilandmessungen
- 2 Prüfanleitung zur Messung der Abdrift bei Sägeräten
- 3 Datenträger
  - I Schlussbericht
  - II Excel-Tabelle: Messergebnisse
  - III Prüfanleitung
  - IV Abstract (in englischer Sprache)
  - V Kurzfassung
  - VI Darstellung, Wertung und Anwendung der Ergebnisse für Zwecke des BMELV
  - VII Excel-Tabelle: Zugelassene Beizmittel
  - VIII Excel-Tabelle: Wirkstoffe in Beizmitteln
  - IX Excel-Tabelle: Übersicht Sätechnik