

Christoph Kämpfer<sup>1</sup>, Carolin Weimar-Bosse<sup>2</sup>, Katrin Ahrens<sup>2</sup>, Timo Hölscher<sup>3</sup>,  
Elke Hilscher<sup>3</sup>, Matthias Stähler<sup>4</sup>, Dirk Rautmann<sup>2</sup>

## Untersuchung zu Staubabrieb von 2019 gebeiztem Getreidesaatgut und dem Wirkstoffgehalt im Abrieb

Study on dust abrasion of cereal seeds treated in 2019 and  
active ingredient content in the dust

21

### Zusammenfassung

In der Beizsaison 2019 wurde die Beizqualität von Winterweizen und Wintergerste an 138 Proben hinsichtlich Beizstaubabrieb und Wirkstoffabrieb untersucht. Die Versuche wurden nach der Heubachmethode durchgeführt. Es konnte gezeigt werden, dass bis auf zwei Proben alle Ergebnisse unterhalb des für eine Listung vom Julius Kühn-Institut (JKI) geforderten Grenzwertes von 5 g Beizstaub pro Hektar liegen. Die etablierte Heubachmethode wurde erweitert, um anschließend den Wirkstoff im aufgefangenen Staub zu quantifizieren. Bei der Beizung mit Vibrance Trio<sup>®</sup>, das über eine Auflage zum Heubach a.s. verfügt, wurde in allen Proben die geforderte Obergrenze von 200 mg Wirkstoff pro Hektar (180 kg Saatgut) eingehalten.

**Stichwörter:** Heubach, Heubach a.s., Aktivsubstanz, Wirkstoffgehalt, Getreide, Beizung, Staub, Beizanlage, Staubabrieb

### Abstract

In the season 2019, the seed dressing quality of winter wheat and winter barley was tested based on 138 sam-

ples with regard to seed dressing dust abrasion and abrasion of active substances. The tests were carried out according to the Heubach method in a partially adjusted version for the subsequent determination of active substances in the floating dust. It was shown that, with the exception of two samples, all measurements were below the required limit values. For all samples coated with products for which a maximum abrasion of 200 mg active substances per ha (180 kg seeds) is required by German authorities values were below this threshold.

**Key words:** Heubach, active substances, pesticide, cereal, seed treatment, dust, seed treatment facilities, dust abrasion

### 1 Einleitung

Gesundes Saatgut ist eine primäre Voraussetzung für hohe landwirtschaftliche Erträge und die Sicherstellung der Lebensmittel- und Rohstoffversorgung durch den Agrarsektor. Als wichtiger Verfahrensschritt in der konventionellen Landwirtschaft hat sich die chemische Saatgutbehandlung etabliert, um den Schutz vor boden- und samenbürtigen Krankheiten bzw. Schadinsekten zu gewährleisten (FREIBERG et al., 2017). Das Saatgut wird

### Affiliationen

<sup>1</sup>Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Braunschweig

<sup>2</sup>Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Braunschweig

<sup>3</sup>KWS SAAT SE & Co. KGaA, Einbeck

<sup>4</sup>Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz, Berlin

### Kontaktanschrift

Christoph Kämpfer, Julius Kühn-Institut (JKI) – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Messeweg 11/12, 38104 Braunschweig, E-Mail: christoph.kaempfer@julius-kuehn.de

### Zur Veröffentlichung eingereicht/angenommen

24. August 2020/07. Januar 2021

hierbei vor der Aussaat mit flüssigen Pflanzenschutzmitteln behandelt. Unter den Begriff Beizung fallen auch die Spezialverfahren Pillierung und Inkrustierung, die allerdings im Getreide keine Rolle spielen (KRUSE, 2018). Da bei der Getreidebeizung die Kornoberfläche behandelt wird und die Pflanzenschutzmittel damit direkt auf ihren Zielort appliziert werden, ist sie ein sehr präzises Verfahren, bei dem die Mittelaufwandmengen pro Hektar sehr gering sind und durch Einbringung in den Boden keine unvermeidbaren Auswirkungen zu erwarten waren (KNOWLES, 2008; MATYJASZCZYK & PIECZYŃSKA, 2015). Aus diesem Grund wurde die Saatgutbeizung auch lange Zeit als weitestgehend unkritisch für den Naturhaushalt betrachtet.

Dies änderte sich ab dem Jahr 2008, nachdem es im Süden Deutschlands bei vielen Imkern zu einem hohen und plötzlichen Verlust an Honigbienen kam. Die Witterungssituation in dem Jahr, die eingesetzte Sätechnik und die angeordnete Beizung von Maissaatgut mit einem neonicotinoiden Präparat zur Bekämpfung des Maiswurzelbohrers, die zum Teil eine Nachbeizung erforderlich machte, konnten schnell als Ursachen festgestellt werden. Die schlechte Anhaftung der Beizung führte dazu, dass sich wirkstoffbeladene Staubteilchen vom Saatgut ablösten und durch die Sätechnik in die Umwelt freigesetzt wurden. Zu einer Schädigung der Bienenvölker kam es, weil sich der Beizstaub auf Blühpflanzen ablagerte, wo er von den Bienen aufgenommen wurde (PISTORIUS et al., 2009; ZWARGER et al., 2010; NAGEL, 2011). Als Folge dieses Ereignisses verloren zahlreiche insektizide Saatgutbehandlungsmittel die Zulassung, Säugerätetechnik und Beizprozesse wurden optimiert (RAUTMANN et al., 2009; RAUTMANN, 2010, 2013).

Zur Verbesserung der Beizqualität wurde der gesamte Prozess von der Reinigung des Saatgutes bis zur Abpackung hinsichtlich Staubminimierung verbessert. Der Heubachttest wurde als standardisierte Methode zur Messung des Abriebs von Saatgutpartien etabliert. Heubach-Grenzwerte für einzelne Mittel wurden zuerst als Anwendungsbestimmung vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) festgelegt. In Zusammenarbeit von Saatgutindustrie und Behörden wurden Anforderungen zur Sicherung einer hohen Beizqualität erarbeitet. 2011 wurde von Pflanzenschutzindustrie und Saatgutbranche das Zertifizierungssystem SeedGuard gegründet.

Die Anwendungsbestimmung NT6991 (bzw. NT699–2, NT699–3, NT699–4) schreibt eine JKI-Listung der Beizanlage vor und wurde seit 2011 zur Sicherstellung einer hohen Beizqualität und der Einhaltung der Heubach-Grenzwerte vergeben (BVL, 2020). Der Heubachgrenzwert im Rahmen der JKI-Listung „Saatgutbehandlungseinrichtungen mit Qualitätssicherungssystemen zur Staubminderung“ liegt für Getreide bei 5 g/ha und beruht auf den frühen Untersuchungen nach 2008 zum Thema Beizstaubabrieb (HEIMBACH, 2011; HEIMBACH et al., 2011). Beizanlagen, die SeedGuard zertifiziert sind oder durch das JKI erfolgreich geprüft wurden, werden in diese Liste aufgenommen.

Für die Risikobewertung im Rahmen des Zulassungsverfahrens für Pflanzenschutzmittel kann der Abrieb von Beizstaub nur ein Indiz für die Exposition sein, da zunächst nicht bekannt ist, wieviel Wirkstoff in dem Staub enthalten bzw. an ihn gebunden ist. Der Wirkstoffgehalt im Staub (Heubach-a.s.) wurde daher als weiteres Kriterium zur Risikobeurteilung identifiziert. 2018 wurde bei der Zulassung des Insektizids Force 20 CS in Zuckerrüben eine Anwendungsbestimmung mit einem Grenzwert für Heubach-a.s. erteilt.

Seit 2008 lag der Fokus der Risikominimierung durch Staubabrieb vorrangig im Bereich der Insektizide. 2019 wurde dann als erstes Fungizid Vibrance Trio® in Getreide mit der Anwendungsbestimmung NT699–2 versehen. Auch für den Wirkstoffgehalt im Staub (Heubach-a.s.) wurde erstmals ein Grenzwert für ein Produkt zur Beizung von Getreide festgelegt (NT715–1). Beide Anwendungsbestimmungen wurden bis zum 01.01.2021 ausgesetzt (NT699–3, NT715–3) (BVL, 2020).

Da die Bienenschäden durch Insektizide im Mais verursacht wurden, konzentrierte sich die Branche zunächst auf Verbesserungen und Untersuchungen bei Mais und weiteren Kulturen wie Raps und Zuckerrübe, bei denen die Beizung mit insektiziden Wirkstoffen (v. a. Neonicotinoide) damals weit verbreitet war.

Im Gegensatz zu diesen Kulturen wird Saatgetreide nicht nur beim Züchter, sondern vor allem in Vermehrungsorganisations (VO)-Firmen aufbereitet. Die genaue Zahl der Getreidebeizanlagen in Deutschland ist nicht bekannt. Allein im Zertifizierungssystem QSS sind etwa 400 Anlagen zu finden, die den Z-Saatgutmarkt (zertifiziertes Saatgut) abdecken. Bisher waren nur wenige Getreidebeizanlagen JKI-gelistet. Durch die Zulassung neuer Getreidefungizide mit der Anwendungsbestimmung NT6991 steigt nun die Anzahl gelisteter Anlagen langsam und liegt Stand Dezember 2020 bei 37 Anlagen. Aktuell stehen viele Beizanlagenbetreiber vor der Frage, ob sie eine JKI-Listung anstreben wollen oder zukünftig auf die Beizmittel mit den entsprechenden Auflagen verzichten können.

Für Saatgetreide sind nur wenige Datensätze zum Staubabrieb öffentlich verfügbar. Eine der wenigen Veröffentlichungen zu dem Thema ist (HEIMBACH et al., 2015). Diese Daten sind zudem bereits einige Jahre alt. Für die Risikobewertung von Beizstaubabrieb aus Getreide auf Nichtzielorganismen und Nichtzielflächen sind jedoch aktuelle Daten dringend erforderlich (ZWERTVAEGHER et al., 2016). Nur so lassen sich in Zukunft neue und bestehende Beizmittelzulassungen sicher bewerten und Anwendungsbestimmungen plausibel einsetzen, um die Saatgutbehandlung für die Landwirtschaft zu erhalten. Im Rahmen dieser Studie wurde daher zunächst ein umfangreicher Datensatz zu Beizstaubabrieb aus behandeltem Getreidesaatgut erhoben (KÄMPFER et al., 2020). Ziel der vorliegenden Arbeit ist es nun, die Einflussgrößen auf den Beizstaubabrieb darzustellen und eine beschreibende Übersicht zur Beizqualität der untersuchten Anlagen für die Beizsaison 2019 in Wintergetreide zu liefern.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Herkunft des Probenmaterials

Das hier beschriebene Datenmaterial ist veröffentlicht und frei zugänglich (KÄMPFER et al., 2020). Die Saatgutproben stammten aus verschiedenen Beizstellen Deutschlands. Am 24.07.2019 wurden 32 Beizstellen durch den Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V. angeschrieben, mit der Bitte aus dem laufenden Betrieb bis zu 10 Saatgutproben je Beizstelle für die Getreidebeizuntersuchung einzusenden. Es handelt sich bei der Auswahl der Beizstellen und Beizproben nicht um eine repräsentative Stichprobe.

Bei der Auswahl der Beizstellen wurden auch die Beizstellen angeschrieben, die bereits in der Saison 2011/12 an einer von der Branche und dem JKI durchgeführten Studie teilgenommen hatten. Die Daten sind bisher teilweise unveröffentlicht, dienen aber den Bewertungsbehörden bereits als Orientierung zur Qualität im Markt.

Beizstellen nehmen an unterschiedlichen Zertifizierungssystemen teil, die sich in Zielen und Anforderungen unterscheiden (Tab. 1). Die angeschriebenen Beizstellen sind durch QSS und/oder durch Quality Plus zertifiziert. Etwa die Hälfte der Beizstellen waren zusätzlich SeedGuard zertifiziert

Die Beizstellen erhielten mit diesem Anschreiben richtlinienkonforme Papiertüten zum Verpacken der Saatgutproben. Insgesamt sollten je Teilprobe 2 kg in 4 × 500 g Einheiten „stramm verpackt“ zur Vermeidung von Abrieb während des Transportes bis spätestens 15.10.2019 eingekauft werden.

Die angeschriebenen Beizstellen waren aufgefordert, Proben aus der Beizung von Winterweizen und Wintergerste für die Untersuchung zuzusenden, die mit den Beizmitteln Celest<sup>®</sup>, EfA<sup>®</sup>, Landor CT<sup>®</sup>, Rubin TT<sup>®</sup> oder Vibrance Trio<sup>®</sup> behandelt wurden. Die Auswahl der Beizmittel erfolgte unter der Anforderung, einen möglichst großen Marktanteil abzudecken. Eine Aufstellung der Beizmittel ist in Tab. 2 dargestellt.

Zur Dokumentation wurden von den Beizstellen für jede Probe folgende Daten abgefragt: Kultur, Sorte, Anerkennungsnummer, TKM, Beizgerät, Beizdatum, Beizmittel (BVL-Nummer), Aufwandmenge Beizmittel, Kleber, Aufwandmenge Kleber, Aufwandmenge Wasser, sonstige Zusätze.

Im Zuge der Untersuchung wurden alle Beizmittel, die über eine integrierte Kleberkomponente verfügen oder denen während des Beizens ein zusätzlicher Kleber beigefügt wurde, als „mit Kleberkomponente“ klassifiziert.

### 2.2 Bestimmung des Beizstaubabriebs

Die Bestimmung des Beizstaubabriebs aus den angelieferten Getreideproben erfolgte über die standardisierte Heubachmethode, entsprechend (HEIMBACH, 2008) und dem European Code of Practice for the Monitoring of Floating Dust of Treated Seeds (STISSC 2016). Die Heubachmethode wurde um zusätzliche Schritte hinsichtlich Reinigung und Probenvorbereitung für die Wirkstoffanalyse im Beizstaub erweitert. Vorversuche hatten gezeigt, dass dies erforderlich ist, um eine Wirkstoffverschleppung zwischen den Proben zu verhindern. Hierzu wurde die Beizstaubbestimmung wie folgt durchgeführt.

Das Saatgut wurde in luftdurchlässigen Papiertüten in einem Klimaschrank bei 20 °C ± 2 °C und 50 % ± 10 % relativer Luftfeuchtigkeit vorkonditioniert. Als Mindestdauer waren 48 Stunden vorgegeben. Für die Bestimmung des Beizstaubabriebs wurde ein Dustmeter Typ 1 (Firma Heubach, Langelsheim Deutschland) verwendet (Abb. 1).

Vor Beginn der Messung wurden die Abriebtrommel, der Abscheider für Grobpartikel und der Filterkörper mit einem Staubsauger von anhaftenden Staubpartikeln gereinigt und anschließend zuerst mit Ethanol (JKI) bzw. Iso-propanol (KWS) und dann mit Aceton gespült, um eine Verschleppung von Wirkstoffen zu verhindern. Um einen konstanten Massenfluss während der Messung zu gewährleisten, wurden zu Beginn zwei Durchläufe mit ungebeiztem Material durchgeführt, wie sie in (EUROPEAN SEED ASSOCIATION, 2011) beschrieben werden. In die mit

Tab. 1. Übersicht der beteiligten Beizstellenzertifizierungssysteme.

Zertifizierungssystem	QSS	Quality Plus	SeedGuard
Gründer	Gemeinschaftsfond Saatgetreide	Züchter KWS	Verbände der Saatgutwirtschaft
Ziel	Z-Saatgutqualität	Über Z-Saatgutqualität hinausgehende Anforderungen	Staubminderung, Produktion von abriebarmen Saatgut
Fokus	Keimfähigkeit, technische Reinheit, Fremdbesatz, Beizgrad	Keimfähigkeit, technische Reinheit, Fremdbesatz, Beizgrad, Staubminderung	Staubminderung
Kontrolle	Ganze Produktionskette von Saatgutvermehrung bis zur Beizung	Ganze Produktionskette von Saatgutvermehrung bis zur Beizung; Maßnahmen zur Staubminimierung verbindlich gefordert; Wird von QSS anerkannt	Reinigung, Absaugung, Qualitätskontrolle: Heubachtest

**Tab. 2. Beschreibung der untersuchten Beizmittel anhand der Daten aus der Onlinedatenbank des BVL (BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT, 2020) sowie eine Einordnung zum Gesamtwirkstoffgehalt sowie der Kleberkomponente.**

Produktname	Celest®	EfA®	Landor CT®	Rubin TT®	Vibrance Trio®
Zulassungsinhaber	Syngenta Agro GmbH	Bayer CropScience	Syngenta Agro GmbH	BASF SE	Syngenta Agro GmbH
Zulassungsende (Stand: 05.05.2020)	31.10.2021	31.12.2021	31.08.2021	30.04.2021	31.08.2021
Zugelassene Aufwandmenge Wintergerste [mL/dt]	–	200 (Empfohlene Aufwandmenge des Herstellers: 160)	200	250 (Empfohlene Aufwandmenge des Herstellers: 200)	200
Zugelassene Aufwandmenge Winterweizen [mL/dt]	200	160	200	200	200
Anwendungsbereich	Fungizid	Fungizid	Fungizid	Fungizid	Fungizid
Wirkstoffe und Wirkstoffgehalte in der Formulierung [g/l]	Fludioxonil 25	Triazoxid 10 Tebuconazol 3,75 Fluoxastrobin 37,5 Prothioconazol 25	Tebuconazol 5 Difenoconazol 20 Fludioxonil 25	Prochloraz 38,6 Pyrimethanil 42 Triticonazol 25	Tebuconazol 10 Fludioxonil 25 Sedaxane 25
Gesamtwirkstoffgehalt je Liter [g/l]	25	76,25	50	105,6	60
Wirkstoffaufwandmenge in g je 180 kg Saatgut	9	Wintergerste: 27,45 (Bei empfohlener Aufwandmenge des Herstellers: 21,96) Winterweizen: 21,96	18	Wintergerste: 47,52 (Bei empfohlener Aufwandmenge des Herstellers: 38,02) Winterweizen: 38,02	21,6
Integrierte Kleberkomponente	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja

einem Sauger gereinigte Trommel wurden anschließend vorsichtig  $100 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$  gebeiztes Saatgut überführt. Als Filter wurde ein Glasfaserfilter Whatman GF 92 verwendet. Zur Bestimmung der Abriebfestigkeit wurde nun die Trommel mit dem Saatgut für 2 Minuten bei einer Drehzahl von 30 Umdrehungen pro Minute in Rotation versetzt. Während dieser Zeit wurden von einer Vakuumpumpe 20 L/Minute Luft durch den Filterkörper angesaugt und schwebfähige Partikel aus der Abriebtrommel in den Filterkörper transportiert. Die Gewichtsdiﬀerenz des Filterkörpers mit eingelegtem Filter vor und nach dem Heubachdurchlauf wurde gravimetrisch mit einer Waage (Sartorius ME 235S) bestimmt und über die Einwaage der Saatgutmenge auf 100 g normiert. Nach einem Messdurchgang wurden der Filter und der Dichting aus dem Filterkörper entnommen und zur weiteren Analyse vorbereitet (bei Saatgut mit den Beizmitteln Rubin TT® und EfA® auch der Filterkörper, s. 2.3). Für die

Wiederholungsmessung wurden alle verunreinigten Geräte-Komponenten abgesaugt und von Staubpartikeln gereinigt. Nach Abschluss der Messwiederholung wurden alle Teile des Gerätes, die mit Saatgut in Kontakt kommen, erneut abgesaugt und zuerst mit Ethanol (JKI) bzw. Iso-propanol (KWS) und dann mit Aceton gespült.

Die Heubachmessungen der Proben mit den Beizmitteln Celest®, Landor CT® und Vibrance Trio® wurden aufgeteilt und je zur Hälfte vom JKI-Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz und von der KWS SAAT SE & Co. KGaA (KWS) gemessen. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus den Laboren zu gewährleisten, wurden im Vorfeld und während der Untersuchung Vergleichsmessungen durchgeführt. Die Proben mit den Beizmitteln EfA® und Rubin TT® wurden von der KWS gemessen, da hier die nötige Laborausstattung zum Lösen des Staubes aus dem Filterkörper (s. 2.3) für die Rückstandsanalytik vorhanden war. Aus den beiden Wer-

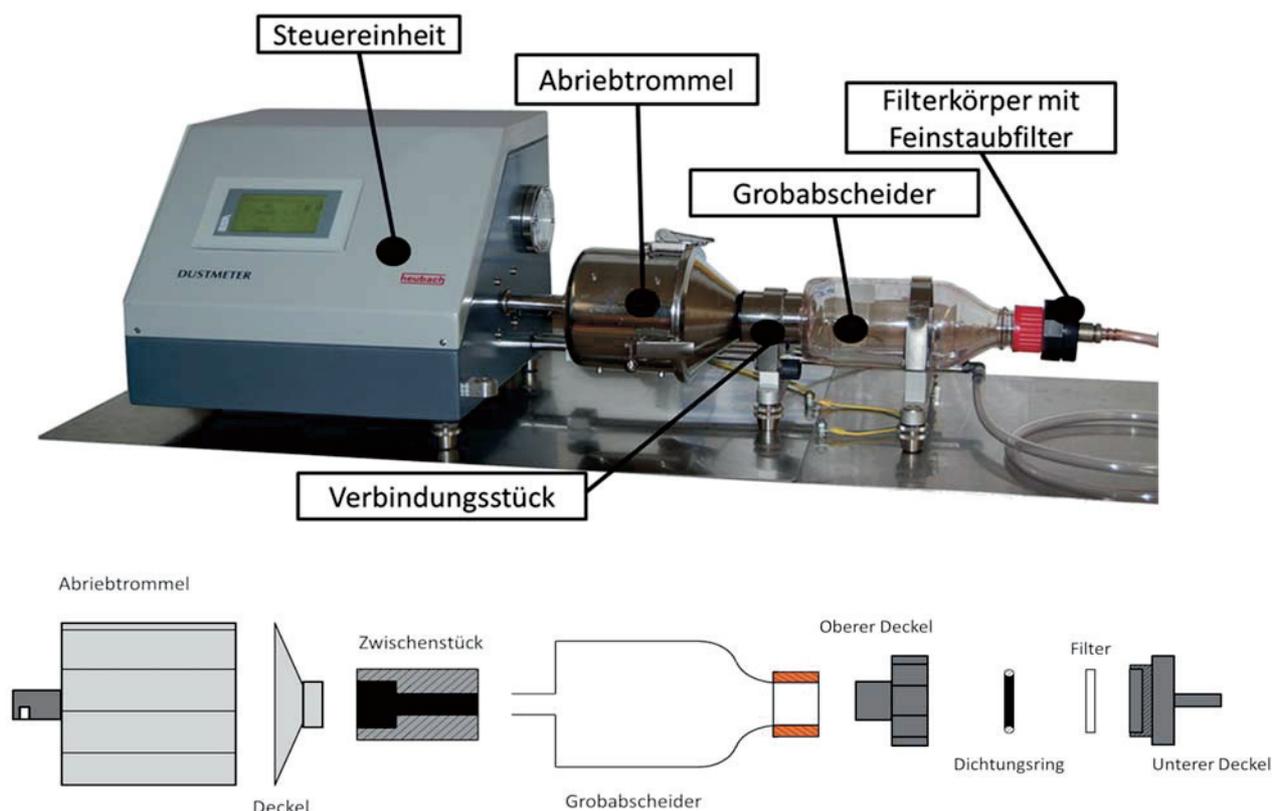


Abb. 1. Darstellung des Heubach Dustmeter Typ I mit Beschreibung der wesentlichen Teile des Gerätes, die für die Durchführung der Untersuchung relevant sind.

ten der Heubachuntersuchung wurde je Probe der arithmetische Mittelwert gebildet.

### 2.3 Wirkstoffanalyse im Staub

Die Methodik zur Bestimmung der „Heubach a.s.-Werte“ wurde im Rahmen von Vorversuchen entwickelt. Hierzu wurden Vergleichsmessungen bei der KWS und am JKI-Institut für Ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz in Berlin durchgeführt. Als Grundlage dienen die Erkenntnisse aus vorangegangenen Studien in denen insektizide Wirkstoffe untersucht wurden (NAGEL, 2011; HEIMBACH et al., 2014). Die angepasste Methodik zur Analyse der Wirkstoffrückstände ist in Abb. 2 dargestellt. Die Analyse der Wirkstoffrückstände im Staubabrieb setzt beim Heubach-Test an. Nach erfolgter Rückwaage des beladenen Filterkörpers (Ende Heubach Messung) wird dieser in die Einzelteile zerlegt. Diese werden in Schraubdeckel PP-(Polypropylen)-Gefäße überführt. Je nach Beizmittel wurden Filter und Dichtring oder Filter, Dichtring und Filterkörper einzeln extrahiert. Vorversuche hatten gezeigt, dass bei den Beizmitteln Rubin TT® und Efa® neben dem Filter und dem Dichtring auch der Filterkörper analysiert werden sollte. Das Extraktionsvolumen richtet sich nach der zu untersuchenden Fraktion. Filter und Dichtring werden mit 5 mL Extraktionslösungsmittel behandelt und der Filterkörper mit 170 mL Extraktionslösungsmittel. Das Extrak-

tionslösungsmittel richtet sich nach dem jeweiligen Beizmittel. Für behandeltes Getreidesaatgut mit den Beizmitteln Vibrance Trio®, Landor CT® und Celest® wird 60 % (V/V) Acetonitril: Wasser zur Extraktion verwendet. Bei den Beizen Efa® und Rubin TT® wird als Extraktionslösungsmittel 90 % (V/V) Acetonitril: Wasser verwendet. Nach 20 min. Extraktion im Ultraschallbad und erneutem händischen aufschütteln, wird mittels PP-Spritze jeweils ein Aliquot von ~1mL entnommen und mittels Spritzenvorsatzfilter in ein HPLC-Vial überführt.

Die Extrakte wurden mittels HPLC-DAD auf ihren Wirkstoffgehalt hin untersucht. Die gefundenen Wirkstoffgehalte der Produkte wurden als Summe dargestellt und über die Einwaage des Heubachtests auf die Zielgröße mg (Summe a.s.)/180 kg Saatgut umgerechnet. Durchgeführt wurden die Wirkstoffmessungen bei der KWS in Einbeck.

### 2.4 Berechnungsgrundlage der Staubabriebmessung

Für die Berechnung der Heubachwerte/ha bei Weizen wird in Deutschland eine maximale Aussaatstärke von 250 kg/ha angenommen, für Wintergerste 180 kg/ha. Der laut JKI-Richtlinie 5-1.1 und im SeedGuard System einzuhaltende Heubachwert bei Getreide liegt in Deutschland bei 5 g Staub/ha. Für die Einschätzung, ob die untersuchten Proben die deutschen Grenzwerte einhalten konnten, wurde im Kapitel 3.2 mit 180 (Wintergerste) bzw. 250 (Winterweizen) kg/ha gerechnet.

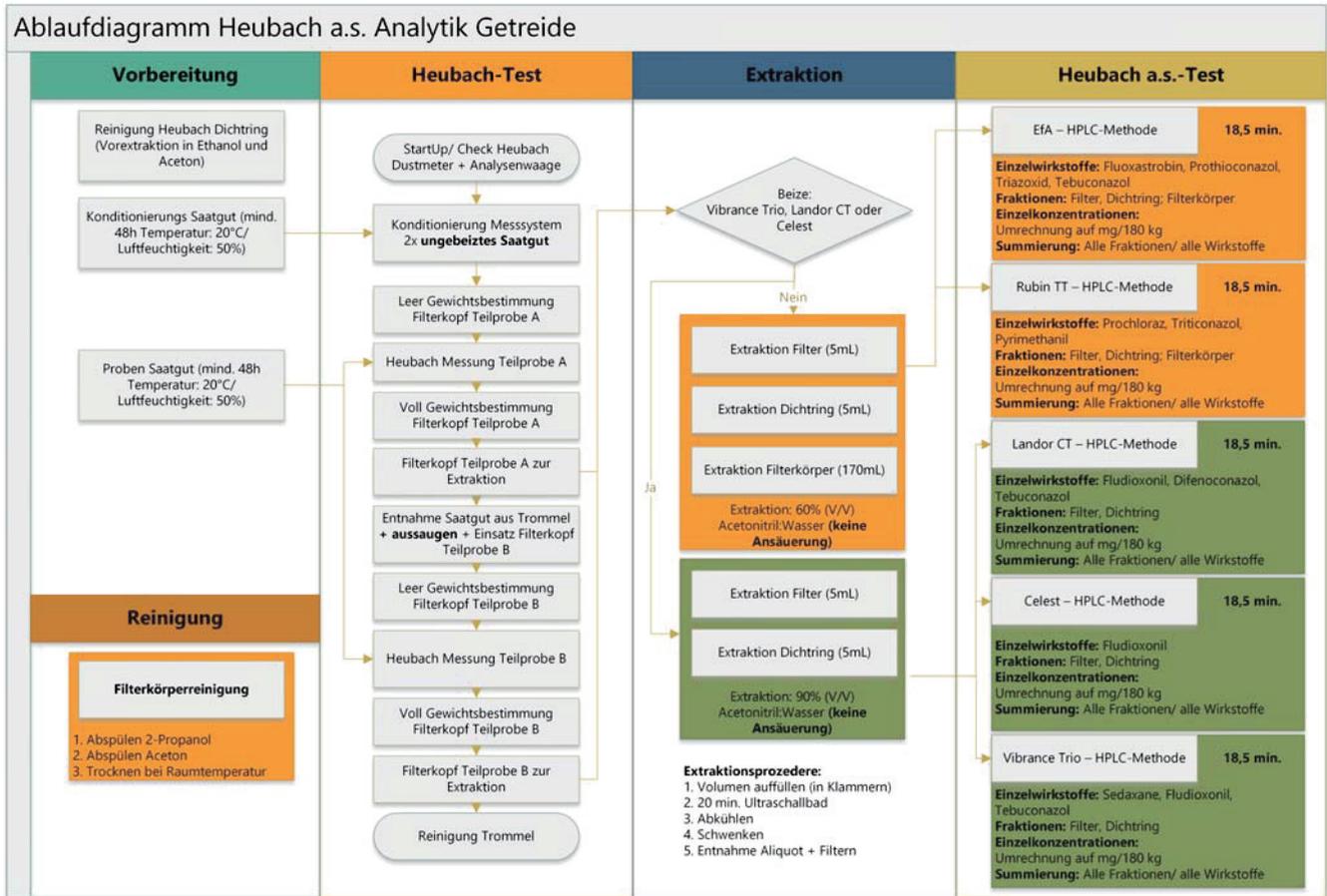


Abb. 2. Flussdiagramm der Heubachuntersuchung mit erweiterter Reinigung des Gerätes zur anschließenden Heubach a.s.-Wert-Bestimmung.

Auf EU-Ebene werden zunächst alle Werte mit einer Aussaatstärke von 180 kg/ha angegeben. Die Berechnung der Wirkstoffmengen im Staub/ha bezieht sich in der Anwendungsbestimmung NT715-3 ebenfalls auf eine Aussaatstärke von 180 kg/ha (BVL, 2020). Daher wurde ab Kapitel 3.3 mit 180 kg/ha für Weizen und Gerste gerechnet, um bei Heubachgehalt und bei Heubach a.s.-Gehalt die gleiche Bezugsgröße zu haben.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Auswertbare Proben

Von den 180 eingesandten Proben sind 19 Proben aufgrund falscher Beizmittel, 17 wegen beschädigter Verpackung oder Verpackung in Plastiktüten und 6 Proben aufgrund unvollständiger Datenübermittlung nicht in die

Auswertung mit eingegangen. Die verwertbaren 138 Proben teilten sich auf 38 Proben Wintergerste und 100 Proben Winterweizen auf. Bei einer Probe konnte aufgrund eines Versandproblems keine Wirkstoffmessung durchgeführt werden. Die 138 Proben stammten aus 23 Beizstellen. Alle untersuchten Gerstenproben wurden mit der vom Hersteller empfohlenen Aufwandmengen behandelt. Dadurch sind die applizierten Aufwandmengen auch bei den Produkten EfA und Rubin TT für Weizen- und Gerstenproben äquivalent. Die Probenanzahl je Beizmittel ist in Tab. 3 dargestellt.

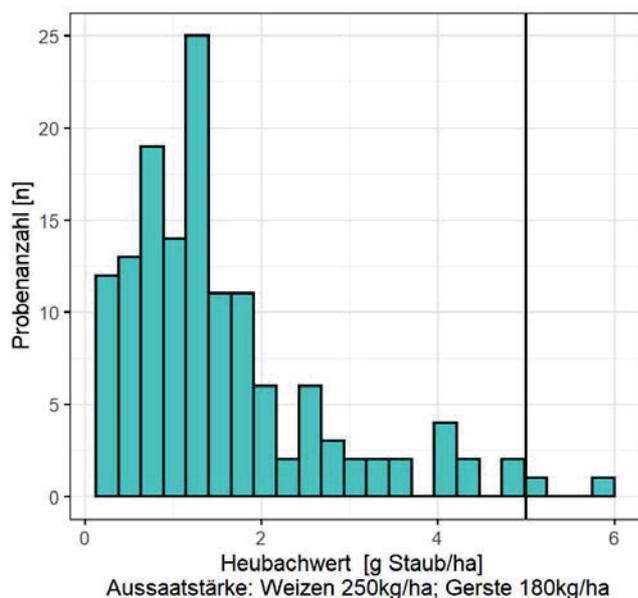
Bei der anschließenden Darstellung der Heubachwerte und der Heubach a.s.-Werte wird eine deskriptive Darstellung gewählt, da für eine weiterführende statistische Analyse der Daten die Stichprobengröße vor allem bei der Anzahl der Proben mit dem Beizmittel EfA<sup>®</sup> als zu klein erachtet wurde.

Tab. 3. Anzahl auswertbarer Proben je Produkt.

Produktname	Celest <sup>®</sup>	EfA <sup>®</sup>	Landor CT <sup>®</sup>	Rubin TT <sup>®</sup>	Vibrance Trio <sup>®</sup>
Probenanzahl	30	7	59	20	22

### 3.2 Verteilung der Heubachwerte

In Abb. 3 sind alle Staubmessungen nach der Heubachmethode, hochgerechnet auf einen Hektar, dargestellt. Zwei Messungen lagen oberhalb von 5 g Beizstaub pro Hektar. Die Mehrzahl der Werte liegt zwischen 0 g und 2 g Beizstaub pro Hektar.



**Abb. 3.** Verteilung der gemessenen Heubachwerte bei einer angenommenen Aussaatstärke von 250 kg/ha bei Winterweizen und 180 kg/ha bei Wintergerste. Gruppirt in 23 Klassen mit eingezeichnetem Grenzwert von 5 g Beizstaub pro Hektar.

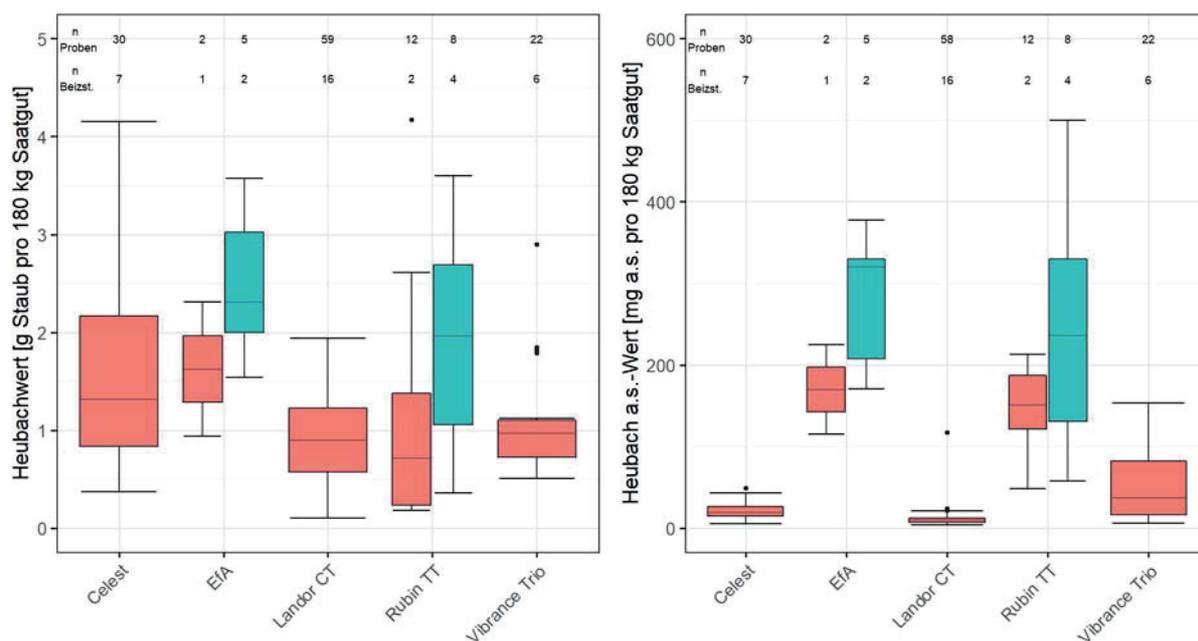
### 3.3 Einflussfaktoren auf Staub- und Wirkstoffabrieb

**3.3.1 Beizmittel und Kleberzugabe.** Die Messergebnisse der Heubachwertbestimmung und der Heubach a.s.-Bestimmung pro 180 kg Saatgut (für Weizen und Gerste) unterteilt nach Beizmitteln stellt Abb. 4 dar. Beizmittel mit integrierter Kleberkomponente zeigten einen geringeren Beizstaubabrieb als die Beizmittel ohne Kleber (Efa® und Rubin TT®). Wurde bei den letztgenannten noch ein Kleber hinzugefügt, verbesserten sich die Werte und lagen auf dem Niveau der Beizmittel mit integrierter Kleberkomponente (Median: Efa®: 1,63 g; Rubin TT®: 0,72 g; Landor CT®: 0,9 g; Celest®: 1,32 g; Vibrance Trio®: 0,97 g Staub pro 180 kg Saatgut).

Für die Heubach a.s.-Werte ließ sich ebenfalls feststellen, dass die Kleberzugabe die gefundene Wirkstoffmenge reduzierte (Median Efa® mit Kleber: 170,01 mg a.s. pro 180 kg Saatgut; Efa® ohne Kleber: 320,8 mg a.s. pro 180 kg; Rubin TT® mit Kleber: 151,19 mg a.s. pro 180 kg; Rubin TT® ohne Kleber: 236,33 mg a.s. pro 180 kg). Allerdings erreichten die Produkte Efa® und Rubin TT® nicht die niedrigen Werte der mit Kleberkomponente vorgeformulierten Mittel Landor CT®, Celest® und Vibrance Trio® deren Mediane zwischen 10,02 mg und 37,10 mg a.s. pro 180 kg Saatgut lagen.

Generell waren die Werte von Efa® und Rubin TT® erhöht gegenüber Celest®, Landor CT® und Vibrance Trio®. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass die Anzahl der eingeschickten Proben mit Efa®-Beizung verglichen mit den übrigen Mitteln gering war.

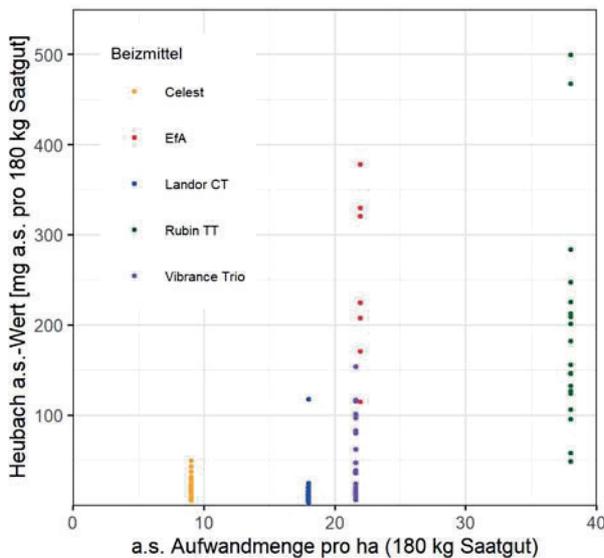
**3.3.2 Wirkstoffaufwandmenge pro Hektar.** Für das Produkt Celest® ließ sich in allen Proben eine sehr geringe Menge Wirkstoff (Heubach a.s.) nachweisen (Abb. 5).



**Abb. 4.** Boxplot der gemessenen Heubachwerte (links) und Heubach a.s.-Werte rechts in Abhängigkeit von Beizmittel und Kleberzugabe. Mit Kleber: rot. Ohne Kleber: blau.

Grundsätzlich stieg für die übrigen Produkte die gefundene Wirkstoffmenge mit der Aufwandmenge pro Hektar. Weiterhin ließ sich feststellen, dass die Produkte Celest®, Landor CT® und Vibrance Trio® in der Verteilung der Werte weniger stark streuten, als die Produkte Efa® und Rubin TT®.

**3.3.3 Gegenüberstellung von Heubachwerten und Wirkstoffgehalten.** Abb. 6 (links) stellt die absoluten Wirkstoffmengen im Beizstaub in Relation zu den Heubachwerten dar. Zusätzlich ist der aktuell gültige Referenzwert des Produktes Vibrance Trio® für die Wirkstoffmen-



**Abb. 5.** Darstellung der gemessenen Heubach a.s.-Werte in Abhängigkeit der summierten Wirkstoffaufwandmenge pro 180 kg Saatgut.

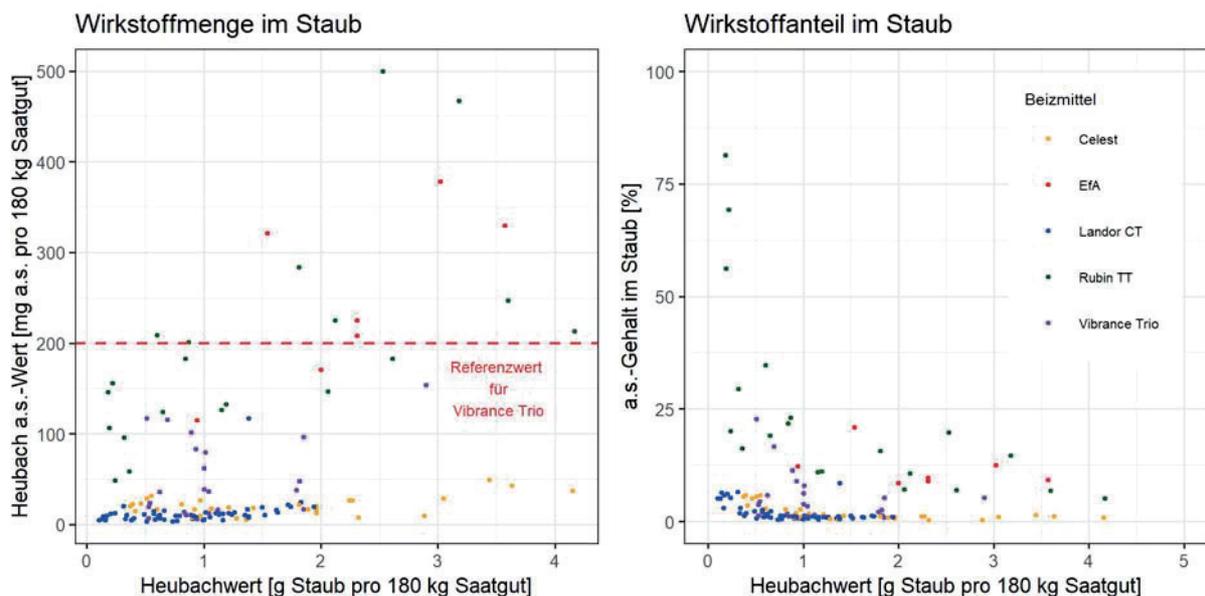
ge im Staub dargestellt. Alle untersuchten Vibrance Trio® Proben können den geforderten Grenzwert einhalten.

Abb. 6 (rechts) stellt die gefundene Staubmenge pro 180 kg Saatgut im Verhältnis zum prozentualen Wirkstoffanteil im Beizstaub dar. Hierbei fiel auf, dass mit abnehmendem Heubachwert der prozentuale Anteil Wirkstoff im Staub anstieg. Dieses Verhalten ließ sich in unterschiedlich starker Ausprägung für alle untersuchten Beizmittel feststellen.

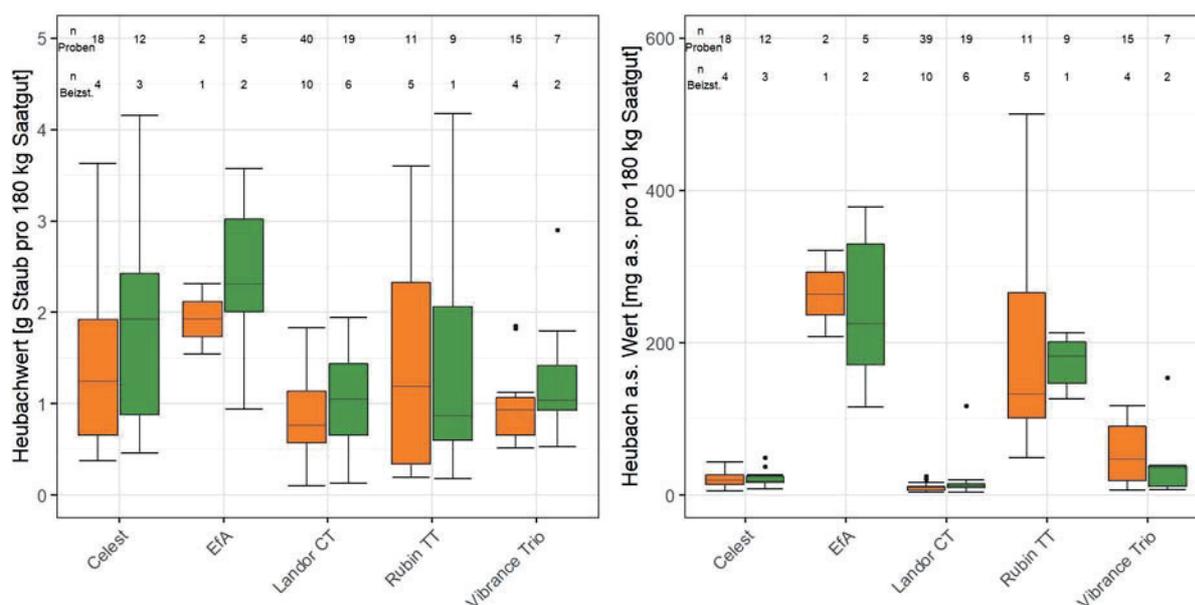
Die Heubach a.s. Gehalte im Staubabrieb liegen unter 25 % mit Ausnahme von einigen Rubin TT® Proben. Der maximale Wirkstoffgehalt im Staub lag bei 81,3 % bei einer Rubin TT®-Probe, die allerdings einen sehr geringen Heubachwert von 0,18 g Beizstaub pro 180 kg Saatgut aufwies. Für die Wirkstoffgehalte im Beizstaub konnte festgehalten werden, dass 90 % der Messwerte einen Wirkstoffgehalt von unter 15,88 % enthielten. Betrachtet man nur die Produkte mit integrierter Kleberkomponente (Landor CT®, Celest®, Vibrance Trio®) lagen 90 % der Messwerte unterhalb 5,8 % Wirkstoffgehalt im Staub. Die besten 10 % der Messungen konnten Heubachwerte von unter 1 g Beizstaub pro 180 kg mit einem Wirkstoffgehalt von unter 1 % erreichen. Hierbei handelte es sich auch um die Produkte Landor CT®, Vibrance Trio® und Celest®, die eine integrierte Kleberkomponente enthalten, und die niedrigsten Wirkstoffaufwandmengen je ha haben.

**3.3.4 Zertifizierungssystem.** Die Ergebnisse der Untersuchung werden in Abb. 7 in Abhängigkeit der eingesetzten Beizmittel und der Zertifizierungssysteme bei einer Aussaatmenge von 180 kg/ha gezeigt.

Neun der dreiundzwanzig Beizanlagen hatten zusätzlich zu QSS und/oder Quality Plus eine SeedGuard Zertifizierung. 52 von 138 Proben stammten aus Beizanlagen,



**Abb. 6.** Darstellung der gemessenen Heubach a.s.-Werte (links: Absolutwerte; rechts: Wirkstoffgehalte im Staub) in Bezug zu den gemessenen Heubachwerten pro 180 kg Saatgut.



**Abb. 7.** Boxplot der gemessenen Heubachwerte (links) und Heubach a.s.-Werte (rechts) in Abhängigkeit von Beizmittel und Zertifizierungssystem. Orange: ohne SeedGuard-Zertifizierung. Grün: mit SeedGuard Zertifizierung.

die zusätzlich zur QSS/QualityPlus-Zertifizierung auch durch SeedGuard zertifiziert waren. Die übrigen 86 Proben stammten aus Betrieben, die nur durch QSS und/oder QualityPlus zertifiziert waren.

In Bezug auf die Zertifizierungssysteme ließen sich keine großen Unterschiede für den Heubachwert und den Heubach a.s.-Wert feststellen.

## 4 Diskussion

### 4.1 Umfang und Auswahl der Proben

Die eingesandten Proben stammten alle aus Betrieben der Z-Saatgutproduktion. Da die Versendung der Proben über die Saatbauverbände organisiert wurde, sind Anlagen, die ausschließlich im Auftrag Nachbau (Erntegut, das ein Landwirt für den erneuten eigenen Anbau produziert hat) beizen sowie kleine Anlagen auf landwirtschaftlichen Betrieben nicht in die Auswertung mit eingeflossen.

Es gibt derzeit (Stand Dezember 2020) 37 Anlagen, die durch SeedGuard für Getreide zertifiziert bzw. vom JKI geprüft sind. Allein im Zertifizierungssystem QSS sind etwa 400 Anlagen zu finden. Diese Anlagen decken den Z-Saatgutmarkt, aber auch einen Teil des Nachbaumarktes mit ab. Der Saatgutwechsel (Anteil der mit Z-Saatgut bestellten Fläche) wird in dem Anbaujahr 2019/2020 mit 57 % angegeben (OGINK, 2020) Damit unterliegen viele Anlagen den Qualitätssicherungssystemen, die auch im Rahmen dieser Datenerhebung betrachtet wurden. Die Gesamtzahl der aktiven Beizanlagen in Deutschland ist aufgrund der vielen kleinen Nachbuanlagen nicht bekannt. Daher ist es schwierig auf Grundlage der Untersuchung allgemeingültige Aussagen

zu allen Anlagentypen und Größen am Markt abzuleiten. Aussagen zu den verschiedenen Zertifizierungssystemen können aus den vorliegenden Daten nicht gemacht werden. Für einen Systemvergleich sollten Proben aus derselben Anwendung (Kultur, Beizmittel, Kleberkomponente) von deutlich mehr Beizstellen untersucht werden.

Die Teilnahme an diesem Getreideringtest war freiwillig. Die Auswahl der eingesandten Proben war den Beizanlagen überlassen und nur durch Vorgaben hinsichtlich Kultur (Weizen oder Gerste) und Beizmitteln (5 Mittel) eingegrenzt. Möglicherweise resultiert hieraus eine Verzerrung der Ergebnisse hin zu niedrigeren Heubachwerten und niedrigeren Heubach a.s.-Werten, verglichen mit einem zufälligen und unangekündigten Probenahmeverfahren. Allerdings liegen die Werte von RUDELT et al. (2017) für Gerste und Weizen mit den Beizmitteln Efa<sup>®</sup> und Rubin TT<sup>®</sup> im Bereich um 1,8 g Beizstaub pro 180 kg Saatgut und damit auf einem vergleichbaren Niveau wie die in Abb. 4 dargestellten Werte von Rubin TT<sup>®</sup>. Die in Rahmen dieser Untersuchung ermittelten Heubachwerte für Efa<sup>®</sup> liegen sogar darüber. Berichte aus anderen Beizanlagen aus dem Jahr 2015 zeigen für Efa<sup>®</sup> Heubachwerte im Mittel von ca. 2,7 g/ha bis etwa 3,6 g/ha (HEIMBACH et al., 2015), was dafürspricht, dass die von den Beizstellen eingesandten Proben realistische Werte abbilden.

Wegen der Art der Datensammlung sowie der zum Teil geringen Anzahl Proben pro Beizmittel wurde eine beschreibende Auswertung gewählt. Trotzdem decken sich die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, wie die positive Auswirkung von Klebern oder von bestimmten Beizmitteln auf den Abrieb mit Erkenntnissen anderer Untersuchungen, die in der Vergangenheit in wissenschaftlichen Publikationen mit geplanten Versuchsdesigns dar-

gestellt wurden (HEIMBACH et al., 2015; ZWERTVAEGHER et al., 2016; RUDELDT et al., 2017, 2018).

Bei der Bewertung der Ergebnisse muss beachtet werden, dass die Daten für nur ein Versuchsjahr erhoben wurden. Das Erntejahr 2019 zeichnet sich durch ein Niederschlagsdefizit und hohe Temperaturen bis teilweise über 40°C während der Getreideernte aus (BMEL – REFERAT 723, 2019; KIRSCHER, 2019). Es ist bekannt, dass Getreide bei geringer Kornfeuchte härter und brüchiger wird. Dies kann Einfluss auf die Staubentwicklung während Ernte, Transport und Lagerung haben. Es ist zu prüfen, in wie weit diese Faktoren den Staubgehalt des Erntegutes erhöhen und ob Kornfeuchte bzw. Schwankungen in der Kornfeuchte bei Getreide den Staubabrieb vor und nach der Beizung beeinflussen. Hierzu sollten weitere Studien durchgeführt werden, damit der Wettereinfluss auf den Staubgehalt belegt werden kann. Um die Aussagekraft des Datensatzes zu erhöhen, sollten zudem weitere Untersuchungen in den kommenden Jahren folgen.

## 4.2 Einhaltung von Grenzwerten

**4.2.1 Beizstaub.** Der JKI-Grenzwert von 5 g Staub/ha (berechnet mit 180 kg/ha für Gerste und 250 kg/ha für Weizen) ist bis auf 2 Proben eingehalten worden. Auch die von den beteiligten QSS/QualityPlus-Anlagen eingesandten Proben, in denen die Qualität durch den Heubachtest nicht routinemäßig kontrolliert wird, überschreiten den Heubach-Grenzwert nicht. Es kann davon ausgegangen werden, dass die vertretenen Anlagen das Potential haben, auch dauerhaft mit den hier getesteten Produkten die Grenzwerte einzuhalten. Auch frühere Untersuchungen konnten zeigen, dass die Beizanlagen in der Lage sind, die geforderten Grenzwerte einzuhalten und Saatgut mit geringem Abriebpotential zu liefern (HEIMBACH et al., 2015).

Der notwendige Nachweis der Qualität, wie er durch die laufende Überprüfung in SeedGuard-Anlagen durch Probebeizungen, Funktionsprüfungen und Heubachtests sowie Optimierung der staubarmen Produktion stattfindet, ist allerdings bei den QSS-Anlagen nicht zwingend vorgeschrieben, so dass hieraus nicht auf andere QSS-Anlagen geschlossen werden kann.

Den großen Einfluss des Beizmittels auf die Heubachwerte kann man daran erkennen, dass sie bei den einzelnen Mitteln teilweise stark voneinander abweichen (Abb. 4). Daraus ergibt sich eine entscheidende Rolle der Produkteigenschaften des Beizmittels sowie der Nutzung von Kleberkomponenten (integriert oder zugesetzt) in den Beizmitteln. Dies konnte bereits bei (RUDELDT et al., 2018) gezeigt werden. Die Pflanzenschutzmittelhersteller haben sich hier bereits angepasst und setzen bei neuen Beizmitteln integrierte Kleberkomponenten zu.

**4.2.2 Wirkstoffgehalte.** Der Einfluss des Beizmittels ist bei der Gegenüberstellung der Wirkstoffgehalte im Staub noch deutlicher zu sehen. Besonders die Beizmittel mit Kleberkomponente (Celest®, Landor CT®, Vibrance Trio®) und gleichzeitig niedriger Wirkstoffaufwandmenge je

180 kg Saatgut zeigen geringe Heubach a.s.-Werte (Abb 4.) Celest® und Landor CT® fallen zusätzlich mit geringen Schwankungen auf. Ein Grund hierfür kann zum einen die integrierte Kleberkomponente sein, die im Produkt bereits vorformuliert ist, zum anderen spielt die vergleichsweise geringe Gesamtwirkstoffmenge eine Rolle. Celest® mit 25 g/l Wirkstoff und Landor CT® mit 50 g/l Wirkstoff weisen in diesem Aspekt einen deutlich geringeren Wirkstoffbeladung als Efa® mit 76,25 g/l oder Rubin TT® mit 105,6 g/l Wirkstoff auf, wenn eine gleiche Mittelaufwandmenge zu Grunde gelegt wird.

Auffällig an den Daten ist, dass mit steigendem Heubachwert der Wirkstoffgehalt im Staub abnimmt, unabhängig davon welches Beizmittel verwendet wurde. Dieser Effekt tritt bei dem hoch wirkstoffbeladenen Rubin TT® am stärksten auf. Eine mögliche Erklärung hierzu ist, dass Beizstaub keine homogene Substanz ist. Er besteht aus Beizmittelabrieb, pflanzlichem Material und anderen Stoffen. Es ist davon auszugehen, dass sich mit steigendem Heubachwert auch die Partikelgrößenverteilung auf dem Filter hin zu größeren Partikeln verschiebt. Pflanzenpartikel, die ggf. bei hohen Heubachwerten mit auf den Heubachfilter gelangen, könnten hierbei eine Rolle spielen. Dies müsste jedoch in weiteren Versuchen genauer untersucht werden. Erste Ansätze hierzu liefern (PISTORIUS et al., 2009) mit Untersuchungen an Siebfraktionen von gebeiztem Saatgut mit einer Klassifizierung größer bzw. kleiner 0,5 mm, die diesen Ansatz bestätigen. Spätere Untersuchungen für Staubfraktionen zwischen 80 µm und 500 µm stellten fest, dass bei Siebfraktionierung von Beizstaub der Wirkstoffgehalt im Staub mit größer werdender Siebfraktion abnimmt (FOQUÉ et al. 2017). Als Grund wird angeführt, dass in den größeren Siebfraktionen Pflanzenteile zu finden waren. Hingegen bestand die kleinste Fraktion fast ausschließlich aus Abriebstaub der Beizschicht. Dies spiegelt sich auch in diesen Daten wider, wo höhere Wirkstoffgehalte bei sehr geringen Heubachwerten festgestellt wurden. Um einzeln aufgetretene hohe Wirkstoffkonzentrationen im Staub bei niedrigen Heubachwerten richtig einzuordnen, muss stets beachtet werden, dass bei sehr niedrigen Heubachwerten die Wägung für Fehler anfälliger wird und damit die prozentuale Verrechnung von Staubmasse und Wirkstoffmenge beeinflusst werden kann. Weiterhin ist nur mit der freigesetzten Wirkstoffmenge sowie der Toxizität der Wirkstoffe die Einordnung und die Risikobewertung für Beizstaub zielführend.

Das einzige der untersuchten Mittel mit einer Anwendungsbestimmung zum Wirkstoffgehalt im Staub ist Vibrance Trio®, mit einem einzuhaltenden Heubach a.s. Referenzwert von 200 mg/180 kg. Alle Vibrance Trio®-Proben konnten den Referenzwert einhalten.

Es wurden vom BVL in Abhängigkeit vom Wirkstoff bereits Beizmittel mit niedrigeren Referenzwerten (100 mg (Kinto Duo) bzw. 70 mg (Rubin Plus)/180 kg Heubach a.s.-Wert) zugelassen. Zukünftig muss sich die Branche darauf einstellen, noch bessere Beizqualitäten zu liefern, um auch neuen Anforderungen entsprechen zu können.

## 5 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Studie legen dar, dass die untersuchten Beizanlagen mit den getesteten Mitteln in der Lage sind die geforderten Grenzwerte für Beizstaubbtrieb (Heubachwert) einzuhalten. Dabei spielt die Auswahl des Beizmittels und das Vorhandensein einer Kleberkomponente eine ausschlaggebende Rolle. Die Heubach a.s.-Gehalte im Staubbtrieb liegen unter 25 % mit Ausnahme von einigen Rubin TT® Proben, bei denen allerdings der Heubachwert sehr gering ist. 90 % der Messwerte zeigen Heubach a.s.-Gehalte unter 15,88 %. Diese Werte können Anhaltspunkte für die Risikoabschätzung geben. Im Rahmen zukünftiger Studien sollte erarbeitet werden, welche zusätzlichen Faktoren, wie z. B. eine Beizstellenzertifizierung die Qualität der Saatgutbeizung beeinflussen.

## Erklärung zu Interessenkonflikten

Die Autoren erklären, dass keine Interessenkonflikte vorliegen.

## Literatur

- BMEL – REFERAT 723, 2019: Ernte 2019: Mengen und Preise. Zugriff: 21. Oktober 2020, URL: [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/\\_Landwirtschaft/Pflanzenbau/Ernte-Bericht/ernte-2019.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/_Landwirtschaft/Pflanzenbau/Ernte-Bericht/ernte-2019.pdf?__blob=publicationFile&v=3).
- BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT, 2020: Verzeichnis zugelassener Pflanzenschutzmittel, URL: <https://apps2.bvl.bund.de/psm/jsp/index.jsp>.
- BVL, 2020: Kodeliste für Kennzeichnungstexte und sonstige Auflagen zugelassener Pflanzenschutzmittel. Zugriff: 3. April 2020, URL: [https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04\\_Pflanzenschutzmittel/PSM\\_Kodeliste.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/PSM_Kodeliste.pdf?__blob=publicationFile&v=6).
- EUROPEAN SEED ASSOCIATION, 2011: Assessment of free floating dust and abrasion particles of treated seeds as a parameter of the quality of treated seeds: HEUBACH TEST. Zugriff: 21. Oktober 2020, URL: [https://www.abakusitsolutions.eu/ESTA/ESA\\_11.0387.1.pdf](https://www.abakusitsolutions.eu/ESTA/ESA_11.0387.1.pdf).
- FOUÉ, D., W. DEVARREWAERE, P. VERBOVEN und D. NUYTENS, 2017: Characteristics of dust particles abraded from pesticide treated seeds: 2. Density, porosity and chemical content. *Pest management science* 73 (7), 1322–1333, DOI: 10.1002/ps.4524.
- FREIBERG, J.A., M.P. LUDWIG, S.A.G. AVELAR, E. GIOTTO, 2017: Seed treatment and its impact on wheat crop yield potential. *Journal of Seed Science* 39 (3), 280–287, DOI: 10.1590/2317-1545v39n3177754.
- HEIMBACH, U., 2008: Beschreibung der Heubach-Methode zur Bestimmung des Feinstaubanteils von mit Insektiziden behandeltem Maissaatgut. Zugriff: 2. Oktober 2020, URL: [https://www.julius-kuehn.de/media/Institute/AT/PDF\\_RichtlinienListen/Pruefberichte/Heubachmethode/Heubachmethode.pdf](https://www.julius-kuehn.de/media/Institute/AT/PDF_RichtlinienListen/Pruefberichte/Heubachmethode/Heubachmethode.pdf).
- HEIMBACH, U., 2011: Beizung von Getreide. *Getreide-Magazin: die Fachzeitschrift für Spezialisten* 161 (30), 8–11.
- HEIMBACH, U., SCHÜTTE, HANSEN, HOOPMAN, MERTENS, S.M. KÖHLER, 2015: Staubbtrieb bei behandeltem Getreidesaatgut minimieren. *Der Pflanzenarzt*, 6–9.
- HEIMBACH, U., M. STÄHLER, J. PISTORIUS, 2011: Die Saatgutbehandlung optimieren. *Rheinische Bauernzeitung* 30, 13–15.
- HEIMBACH, U., M. STÄHLER, K. SCHWABE, D. SCHENKE, J. PISTORIUS, PABLO-THEODOR GEORGIADIS, 2014: Emission of pesticides during drilling and deposition in adjacent areas. *Julius-Kühn-Archiv* 444, 68–75, DOI: 10.5073/JKA.2014.444.021.
- KÄMPFER, C., C. WEIMAR-BOSSE, T. HÖLSCHER, E. HILSCHER, D. RAUTMANN, M. STÄHLER, K. AHRENS, 2020: Datenerhebung zu Staubbtrieb und Wirkstoffgehalt von gebeiztem Getreidesaatgut 2019: Data collection concerning dust abrasion and active ingredient content in the dust of treated cereal seeds in 2019, MyCoRe Community.
- KIRSCHER, U., 2019: Deutschlandwetter im Jahr 2019: Drittwärmstes Jahr seit 1881 – Niederschlagsarm und sonnenscheinreich. Zugriff: 26. Juni 2020, URL: [https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2019/20191230\\_deutschlandwetter\\_jahr2019.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2019/20191230_deutschlandwetter_jahr2019.pdf?__blob=publicationFile&v=3).
- KNOWLES, A., 2008: Recent developments of safer formulations of agrochemicals. *The Environmentalist* 28 (1), 35–44, DOI: 10.1007/s10669-007-9045-4.
- KRUSE, M. (Hrsg.), 2018: *Praxishandbuch Saatgutaufbereitung*, Clenze, Agrimedia.
- MATYJASZCZYK, E., A. PIECZYŃSKA, 2015: The Use of an Active Substance Depending on the Application Method of Plant Protection Products: Seed Dressing Versus Foliar Treatment. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 7, 165–169, DOI: 10.1016/j.aaspro.2015.12.012.
- NAGEL, T.G., 2011: Die Überwachung der Einhaltung der Verordnung über das Inverkehrbringen und die Aussaat von mit bestimmten Pflanzenschutzmitteln behandeltem Maissaatgut (MaisPflSchMV). *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 6 (2), 223–231, DOI: 10.1007/s00003-010-0656-1.
- OGINK, J., 2020: Saatgutwechsel beim Getreide mit leichtem Anstieg. Bonn.
- PISTORIUS, J., G. BISCHOFF, U. HEIMBACH, M. STÄHLER, 2009: Bee poisoning incidents in Germany in spring 2008 caused by abrasion of active substance from treated seeds during sowing of maize. *Julius-Kühn-Archiv* 423, 118.
- RAUTMANN, D., 2010: Hohe Hürden für Getreidebeizstätten. *Land und Forst* 43, 20–21.
- RAUTMANN, D., 2013: Nicht alle Sägeräte schneiden gut ab. *Land und Forst* 16, 25–27.
- RAUTMANN, D., H.-J. OSTEROTH, A. HERBST, H.-J. WEHMANN, H. GANZELMEIER, 2009: Prüfung abdriftmindernder Maissägeräte. *Journal für Kulturpflanzen* 61 (5), 153–160, DOI: 10.5073/JfK.2009.05.01.
- RUDEL, J., H. KLINK, J.-A. VERREET, 2017: Choice of fungicide seed treatment solution composition affecting dust emission from cereal crop seeds. *Journal für Kulturpflanzen* 69 (9), 303–308, DOI: 10.5073/JfK.2017.09.03.
- RUDEL, J., H. KLINK, J.-A. VERREET, 2018: Impact of adhesive adjuvants addition into seed treatments on the flowability of cereal crop seeds. *Journal für Kulturpflanzen* 70 (5), 158–162, DOI: 10.5073/JfK.2018.05.02.
- ZWERTVAEGHER, I.K.A., D. FOUÉ, W. DEVARREWAERE, P. VERBOVEN, D. NUYTENS, 2016: Assessment of the abrasion potential of pesticide-treated seeds using the Heubach test. *International journal of pest management* 62 (4), 348–359, DOI: 10.1080/09670874.2016.1206993.

© Der Autor/Die Autorin 2021.

 Dies ist ein Open-Access-Artikel, der unter den Bedingungen der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (CC BY 4.0) zur Verfügung gestellt wird (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>).

© The Author(s) 2021.

 This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).