

Kieselgur gegen vorratsschädliche Insekten im Getreidelager

Diatomaceous earths against stored product insects in grain storages

CORNEL ADLER¹, CORNELIA FRIELITZ^{1,2} & JANINE GÜNTHER²

¹ Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Vorratsschutz,
Königin-Luise-Str. 19, 14195 Berlin

² Freie Universität Berlin, Fachbereich Biologie, Chemie, Pharmazie,
Königin-Luise-Str. 1-3, 14195 Berlin

E-Mail: c.adler@bba.de

Abstract

Diatomaceous earths (DE) are authorized for stored product protection in Germany and can be used in both food and feed grain, as well as in empty storages. The present paper gives an overview on the potential of DE and describes a test carried out to determine the efficacy of surface treatments in empty storages with two types of DE applied with an electrostatic applicator that can be used to achieve an even coating on conductive surfaces. A comparison between the products Fossil Shield (FS) 90.0 and the more hydrophobic formulation FS 90.0 S in laboratory tests against adults of the red flour beetle *Tribolium castaneum* showed that the latter was slightly more efficacious controlling all beetles within 98 hours. A choice experiment with an only half coated experimental arena showed that the beetles actively entered the treated surface and remained there for more than half the experimental time. This seems to indicate that the red flour beetle is not repelled by the DE-treated surface and obviously prefer the dusty surface compared to a clean and smooth surface.

Key words: Diatomaceous earth, efficacy, behaviour, insects, Tribolium, Fossil Shield

Zusammenfassung

Kieselgur oder Diatomeenerden (DE) sind für den Vorratsschutz in Deutschland zugelassen und können in Brot- und Futtergetreide, aber auch in leeren Räumen vor der Einlagerung eingesetzt werden. Der vorliegende Artikel verschafft einen Überblick über die Möglichkeiten der Anwendung von DE und beschreibt Versuche zur Bestimmung der Wirksamkeit von Oberflächenbehandlungen mit verschiedenen DE des Typs Fossil Shield, die mit Hilfe einer elektrostatischen Applikationstechnik gleichmäßig auf leitende Oberflächen aufgebracht worden waren. Ein Vergleich des Produkts Fossil Shield (FS) 90.0 mit der hydrophobisierten Formulierung FS 90.0 S in Laborversuchen mit dem Rotbraunen Reismehlkäfer *Tribolium castaneum* zeigte das letztere etwas wirksamer war und alle adulten Käfer innerhalb von 98 Stunden abtötete. Ein Wahlversuch mit einer nur zur Hälfte beschichteten Versuchsarena zeigte, dass die Käfer nicht von dem Kieselgurstaub abgestoßen werden sondern offensichtlich die staubbeschichtete Oberfläche gegenüber einer sauberen und glatten Oberfläche bevorzugen.

Schlüsselwörter: Kieselgur, Diatomeenerde, Wirksamkeit, Ökolandbau, Insekten

1 Einleitung

Pflanzliche Erzeugnisse, die der Mensch als Saatgut, Lebens- oder Futtermittel lagert, sind seit jeher das Ziel vorratsschädlicher Insekten. Rund 80 auf Vorräte spezialisierte Arten von Käfern, Motten und Staubläusen können sich geruchlich hervorragend orientieren und auch die recht trockenen Bedingungen in einem Vorratslager überleben. Bei ungeeigneten Lagerungsbedingungen, also zu großen Öffnungen nach außen oder bei Anwesenheit einer Wasserquelle, können auch Nager oder Vögel eindringen. Steigt die Feuchtigkeit im Vorratsgut durch Atmungsprozesse, Ausscheidungen von Wirbeltieren, Kondenswasser oder eindringende Feuchtigkeit, so gelingt die Massenentwicklung von Milben und Schimmelpilzen, was zu schnellem Verderb der Produkte und der Bildung hochgiftiger Mykotoxine führt. Die rund 60 Käfer- und rund 10 Mottenarten sind mehr oder weniger auf Substrate spezialisiert, was oft durch Trivialnamen, wie Bohnenkäfer (Fam. Bruchidae), Getreideplattkäfer (*Oryzaephilus surinamensis*), Kornkäfer (*Sitophilus granarius*) und Tabak- oder Kakaomotte (*Ephestia elutella*) verdeutlicht wird. Im Einzelfall hindert dies jedoch z.B. die Reismotte (*Corcyra cephalonica*) nicht daran, heute in deutschen Kakaolägern ein bedeutenderer Schädling geworden zu sein als die Kakaomotte.

Nach den EU-Verordnungen zur Lebensmittelsicherheit 178/2007 und Hygiene 852/2004 gelten alle Erzeugnisse, von denen angenommen werden kann, dass sie möglicherweise zukünftig der Ernährung dienen könnten, als Lebensmittel. Weil lagernde Vorräte oft ohne weitere Verarbeitungsschritte zum Konsumenten gelangen können, gibt es relativ wenig Wirkstoffe, die zur Schädlingsbekämpfung in Ernteprodukten eingesetzt werden dürfen. Dies sind für den konventionellen Landbau die Gase Phosphorwasserstoff, Kohlendioxid und Sulfurylfluorid für einzelne Produktgruppen, der nur auf Getreide als Spritzmittel zu applizierende Wirkstoff Pirimiphos-methyl und Kieselgur (siehe Pflanzenschutzmittelverzeichnis, Teil 5, Vorratsschutz, Anonym 2007). Nicht zulassungspflichtig sind rein physikalische Maßnahmen wie die Anwendung von Hitze und Kälte oder der Einsatz einheimischer Nützlinge wie parasitoider Wespen oder räuberischer Milben (Schöller 1998, Adler 2005). Da der ökologische Landbau auf synthetische Pflanzenschutzmittel verzichtet, stehen theoretisch zur Schädlingsbekämpfung Kohlendioxid und Kieselgur zur Verfügung. Nun bedürfen Wirkstoffe, die im Ökolandbau eingesetzt werden sollen, nicht nur der nationalen Zulassung, sondern müssen auch im Anhang II, Teil B der europäischen Ökolandbauverordnung-Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 gelistet und vom jeweiligen Anbauverband empfohlen sein. Im Geflecht dieser Vorgaben und rechtlichen Regelungen hat es der Ökolandwirt nicht immer leicht.

Kieselgur besteht aus den vermahlenden Skeletten fossiler Kieselalgen (Diatomeen), die als aquatisches Plankton, sowohl in Süß- als auch Salzwasser sehr arten- und individuenreich auftreten. In zahlreichen Regionen der Erde kann Kieselgur aus Bodenschichten abgebaut werden, wobei neben den Kieselalgen auch Rädertierchen (Rotatorien) ihren Anteil an der Zusammensetzung des Kieselgurs haben dürften. Die Skelette dieser Plankton-Organismen bestehen aus Siliziumoxid, das im Gegensatz zu Sand nicht kristallin sondern amorph vorliegt. Dieser Umstand verringert das Risiko der Entwicklung einer Silikose oder Staublunge bei Menschen, die den Staub mit ihrer Atemluft aufnehmen, weil in amorphem Siliziumoxid lange, stäbchenförmige Strukturen, die zu Entzündungen im Lungengewebe führen können, nicht vorkommen. Gesundheitliche Risiken für die Lunge beim technischen Abbau von Kieselgur werden beleuchtet in der medizinischen Studie von Park et al. (2002). Der erste Institutsleiter des Instituts für Vorratsschutz in Berlin, Friedrich Zacher, befasste

sich schon seit den Zeiten der Weimarer Republik mit der Wirkungsweise des Kieselgurs auf vorratsschädliche Insekten (Zacher und Kunicke 1931, Zacher 1937)

Dass auch untergemischter Feinsand einen Schutz gegen Insekten in Getreide bewirken kann, war offensichtlich schon viel früher bekannt und wird beispielsweise aus dem Museumsdorf Düppel, einer Siedlung im Süden Berlins, berichtet (W. Plarre, mündl. Mitteilung), die etwa im Jahr 1200 bewohnt war.

Auf der Körperoberfläche der Insekten reagiert Kieselgurstaub mit den Fetten in der Wachsschicht der Epicuticula, saugt diese auf und führt damit zu einem unkontrollierten Wasserverlust, den die Tiere nicht ausgleichen können (Mewis und Reichmuth 1999, Mewis und Ulrichs 1999, 2001, Subramaniam und Roesli 2000, Prasantha und Reichmuth 2002, Prasantha et al 2003a, 2003b). Außerdem setzt sich der Staub in die Gelenke der Mundwerkzeuge, Beine, Fühler und Geschlechtsteile, behindert so die Beweglichkeit und führt zu fortgesetzter Putztätigkeit, die jedoch oft nur in umso schnellerem Energieverlust und Tod endet (Prasantha und Reichmuth 2002, Prasantha et al 2003a).

Je nach Artzusammensetzung variiert die mittlere Porengröße der Siliziumoxide und damit ihre Wirksamkeit bei unterschiedlicher Luftfeuchte. Durch Behandlung oder die Untermischung von Kieselgel kann die Diatomeenerde wasserabstoßend gemacht, also hydrophobisiert, werden. Dadurch behält sie auch bei erhöhter Luftfeuchte ihre Fähigkeit, die Körperfette der Insekten aufzusaugen (Völk et al. 2004). Einen zusammenfassenden Überblick über den derzeitigen Kenntnisstand der Wirkung von Kieselgur verschafft die Arbeit von Subramanyam und Roesli (2000).

Die Kombination der Anwendung von Diatomeenerden mit hohen Temperaturen ist vielversprechend, da durch Wärme die Bewegungsaktivität von Arthropoden angeregt und damit die Wahrscheinlichkeit eines Kontakts mit Kieselgur erhöht wird. Versuche in einer Mühle ergaben eine additive Wirkung beider Verfahren (Dowdy et al. 1997). Wenig erfolgreich war hingegen der Versuch einer Oberflächenbehandlung von Getreide nach Ausbringung des Parasitoiden *Lariophagus distinguendus* zur biologischen Bekämpfung des Konrkäfers *Sitophilus granarius* (Schöller und Prozell 2006)

Kieselgur ist für den deutschen Vorratsschutz mit der Zulassung von Silico-Sec 1996 erst seit etwa 10 Jahren wiederentdeckt, kommt aber darüber hinaus in verschiedenen Bereichen des menschlichen Lebens zum Einsatz. So ist es in Apotheken erhältlich als Ballaststoff zur Steigerung der Darmtätigkeit, findet Verwendung als Trägerstoff für Arzneimittel oder auch für staubförmige Pflanzenschutzmittel, bei der Herstellung von Fruchtsäften und Bier wird es technisch zur Filterung von Trübstoffen eingesetzt. Man findet es als abrasives Element in der Zahnpaste und als Tintenfixierer in Overheadfolien. Als Biozid zur Bekämpfung von Hygieneschädlingen wird es genutzt zur Bekämpfung der Roten Vogelmilbe in Geflügelmastställen und als Beschichtung von Stallwänden gegen Stubenfliegen. Synthetisch hergestelltes Siliziumoxid wird als Kieselgel z.B. in kleinen Beuteln technischen, optischen und elektrischen Geräten beigelegt, um in Verpackungen die Luftfeuchtigkeit und damit die Gefahr der Korrosion zu reduzieren.

In Deutschland für den Vorratsschutz zugelassene Kieselgurprodukte können Brotgetreide mit bis zu 1 kg/t, Futtergetreide mit bis zu 2 kg/t zugemischt werden und dürfen mit bis zu 10 g/m² Oberfläche auch zur Behandlung leerer Räume vor der Einlagerung von Getreide

dienen (Anonym 2007). Hier ist nach der Leerung und Reinigung der Silos und Flächläger eine möglichst frühe Behandlung aller Oberflächen mit Ritzen und Fugen sinnvoll, damit die Abtötung vorhandener Restpopulationen noch vor der Einlagerung der neuen Ernte gelingt. Vorteilhaft bei Kieselgur ist seine nahezu unbegrenzt lange Beständigkeit, so dass es gerade in schlecht zugänglichen Fugen langfristig eine Schutzwirkung entfalten kann. In Deutschland für den Vorratsschutz vertrieben werden derzeit die Produkte Silico-Sec der Firma Agrinova und Fossil Shield der Firma Bein.

Die Leerraumbehandlung ist günstig, weil relativ wenig Kieselgur gebraucht wird und es nicht zu einer direkten Vermischung mit dem Getreide kommt. Bestimmte Abnehmer lehnen nämlich Getreide mit starker Kieselgurbeimischung ab. So möchte die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung keine erhöhten Kieselgurgehalte auf zur Intervention angebotenen Getreide vorfinden, weil sich durch anhaftendes Siliziumoxid nicht nur das Hektolitergewicht verringert, sondern auch organoleptische Eigenschaften verändern. So kann ein leichter Befall mit dem Schimmelpilz der Gattung *Penicillium* nicht mehr auf einer staubbesetzten Oberfläche des Getreidekorns erkannt werden, aufgrund der hohen, und geruchsadsorbierenden Oberfläche des Kieselgurs können Fehlgerüche entstehen, und auch die gesunde Farbe des Getreidekorns ist verändert (K. Münzing, mündl. Mitteilung, K. Müller, mündl. Mitteilung).

Der vorliegende Artikel beschreibt Versuche zur Überprüfung der Wirksamkeit von Oberflächenbehandlungen gegenüber dem Rotbraunen Reismehlkäfer *Tribolium castaneum*. Dabei ging es einerseits um die Frage ob die toxische Wirkung des Materials Fossil Shield 90.0 auf adulte Käfer durch eine Hydrophobisierung zu Fossil Shield 90.0 S erhöht werden kann. Andererseits war zu klären, ob gegenüber einer staubfreien Oberfläche eine bestäubte Oberfläche repellierend auf die Käfer wirkt.

2 Material und Methoden

Mit Kieselgur beschichtete Pressspanplatten wurden von Fa. Bein bereitgestellt, wobei eine gleichmäßige Beschichtung durch Anwendung eines neuen Verfahrens erzielt wurde, bei dem Kieselgurstaub elektrostatisch auf Oberflächen gezogen wird. Zu diesem Zweck waren die Platten vor der Beschichtung mit einem farblosen, leitenden Anstrich (Ableitfinish) versehen worden.

Die Versuchstiere stammten aus einer Zucht bei 25°C und 70±5 % r. Lf. und waren bei Versuchsbeginn etwa 0-3 Wochen alt. Durch Glasringe mit einem Innendurchmesser von 50 mm und einer Höhe von 40 mm wurden die Käfer daran gehindert, von der Versuchsfläche abzuwandern.

Wirksamkeitsversuche: Für die Untersuchung der Wirksamkeit wurden je Ansatz zehn Käfer über einen schmalen Trichter in die Mitte der vom Glasring eingeschlossenen Fläche überführt. Der Einsatz des Trichters hatte den Zweck, dass die Tiere den Versuch von einer annähernd gleichen Position aus begannen (Abb. 1).



Abbildung 1: Prüfung der Wirksamkeit der beiden Kieselgurpräparate an jeweils 10 Reismehlkäfern, die durch einen Glasring auf der behandelten Fläche gehalten werden.

Der Versuch lief über eine variable Stundenanzahl bis zu 8 Tage, da die totale Mortalität bei den einzelnen Versuchen variieren konnte. Bei der wiederholten Kontrolle der Versuche wurden Mobilität und Mortalität überprüft. Ein Käfer galt als tot, wenn nach wiederholtem Anstupsen mit einer Sonde keine erkennbaren Bewegungen mehr stattfanden.

Repellentversuche: Die mit Fossil Shield 90.0 S kieselgurbeschichteten Platten für diesen Versuch wiesen Klebestreifen auf, nach deren Entfernung diatomeenerde-freie Streifen zurückblieben.

Es wurden 2 Glasringe (siehe Abb. 2) so aufgelegt, dass die eingeschlossenen Flächen zur einen Hälfte kieselgurbeschichtet und zur anderen Hälfte unbeschichtet waren. Wie in dem Versuch davor beschrieben, wurden pro Glasring 10 Käfer mittig auf die eingeschlossene Fläche gebracht.



Abbildung 2: Repellentversuch mit halbseitig beschichteten Versuchsflächen

Der Versuch lief für jeden Ansatz über 60 Minuten. Die Ansätze wurden um eine Minute verzögert gestartet. Die Tiere jedes Ansatzes wurden alle 5 Minuten auf ihre zahlenmäßige Verteilung hin überprüft und es wurde notiert, wie viele Individuen sich auf der beschichteten bzw. der unbeschichteten Fläche aufhielten.

Um eine ausreichende Menge an Daten zu erhalten, die eine statistische Auswertung erlauben, wurde der Versuch fünfmal wiederholt. Für beide Versuche wurden Kontrollen angesetzt. Für den Wirksamkeitsversuch wurden lediglich 2 mal zehn Käfer in Glasringe auf einer unbeschichteten Platte überführt. Bei der Kontrolle für den Repellentversuch wurde die komplett unbeschichtete Versuchsfläche durch eine Markierung mittig geteilt, indem jeweils eine Glasplatte auf die Ringe aufgelegt wurde, auf die die teilende Markierung aufgezeichnet war. Ansonsten wurde bei der Kontrolle genauso mit der Überprüfung der Aufenthaltsorte der Tiere verfahren wie bei teilbeschichteten Platten.

Wir wählten eine Zeitspanne von 60 Minuten für diesen Versuch, weil es den Käfern nach dieser Zeit möglich gewesen sein müsste, ihre Umgebung vollständig zu erkunden und, falls eine Abneigung gegen das Kieselgur bestand, dieses zu meiden.

3 Ergebnisse und Diskussion

Wirksamkeitsversuche: Aus den Ergebnissen in Abb. 3 wird ersichtlich, dass bei Anwendung des Kieselgurpräparates 90.0 nach durchschnittlich 80 Stunden weniger als 5% der Versuchstiere noch am Leben waren. Bei Versuchen zur Wirksamkeit des Kieselgurpräparates 90.0 S wurde die 5% - Grenze der noch lebenden Versuchstiere durchschnittlich schon nach 76 Stunden erreicht.

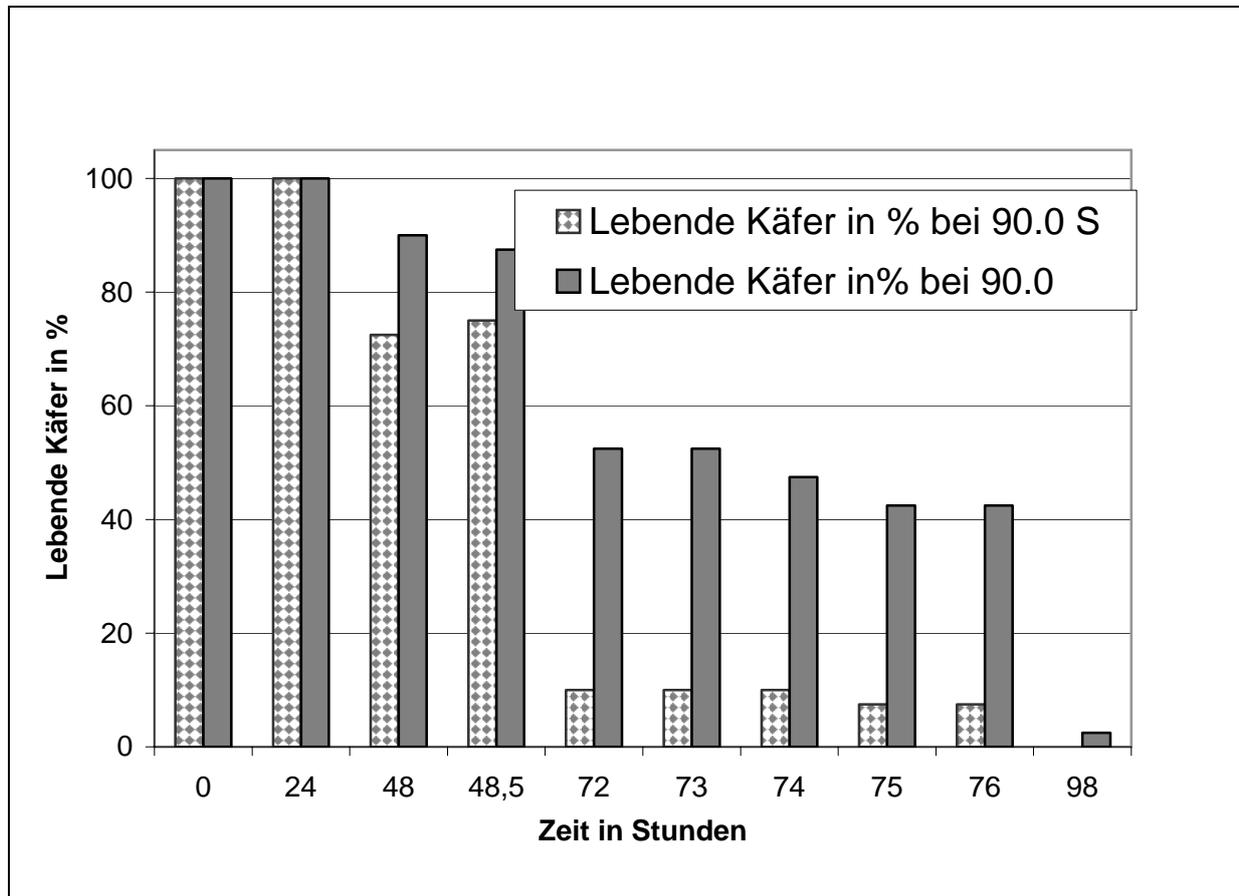


Abbildung 3: Vergleich der Wirkung von Fossil Shield 90.0 und 90.0 S (hydrophobisiert)

Somit zeigt sich, dass die Einwirkdauer des Kieselgurs auf adulte Reismehlkäfer doch relativ lang und intensiv sein muss. Allerdings ist zu bedenken, dass in diesem Versuch absichtlich eine relativ hohe Luftfeuchtigkeit von 78 % erzeugt wurde. Daraus könnte eine längere Überlebensdauer der Versuchstiere resultiert haben.

Die Vermutung liegt nahe, dass dieser Unterschied in der Wirkung durch die Hydrophobisierung des Kieselgurpräparates zustande kommt.

Da in allen Wirksamkeitsversuchen, die wir durchgeführt haben, die unbehandelten Kontrolltiere bis zur maximalen Versuchsdauer von 10 Tagen lebten, ist die Wirkung dieser Präparate klar erkennbar. Außerdem konnte bei dem Präparat 90.0 S eine etwas schnellere Wirkung festgestellt werden.

Repellentversuche: Während der gesamten Versuchsdauer (60 min) behielten die Käfer annähernd die gleiche Mobilität bei. Es konnte auch keine Schwächung der Käfer beobachtet

werden, die sich auf der kieselgurbeschichteten Fläche befanden. Dies zeigt die artbedingt höhere Widerstandsfähigkeit der Reismehlkäfer.

Die Käferverteilung am Ende der Repellentversuche geht aus Abb. 4 hervor. Danach hatte der Kieselgurstaub auf die Reismehlkäfer keinen repellierenden, sondern vielmehr einen attraktiven Effekt. Die zuvor aufgestellte These, dass die Käfer die schädigende Wirkung des Kieselgurs womöglich wahrnehmen, kann nicht aufrechterhalten werden, da die Käfer das Kieselgur nicht nur nicht meiden, sondern direkt aufsuchen. Das Kieselgur muss demnach entweder eine Attraktivität für die Käfer besitzen oder sie meiden die Glätte der unbehandelten Fläche. Die glatte Fläche könnte vielleicht schnell als futterlos erkannt sein, während sie in der staubbesetzten Oberfläche nach Futter suchen könnten. Dies wäre unter dem Bekämpfungsaspekt sogar wünschenswert, da die Tiere aktiv DE-behandelte Oberflächen in einem sonst besenreinen Betrieb aufsuchen und daher schneller sterben würden.

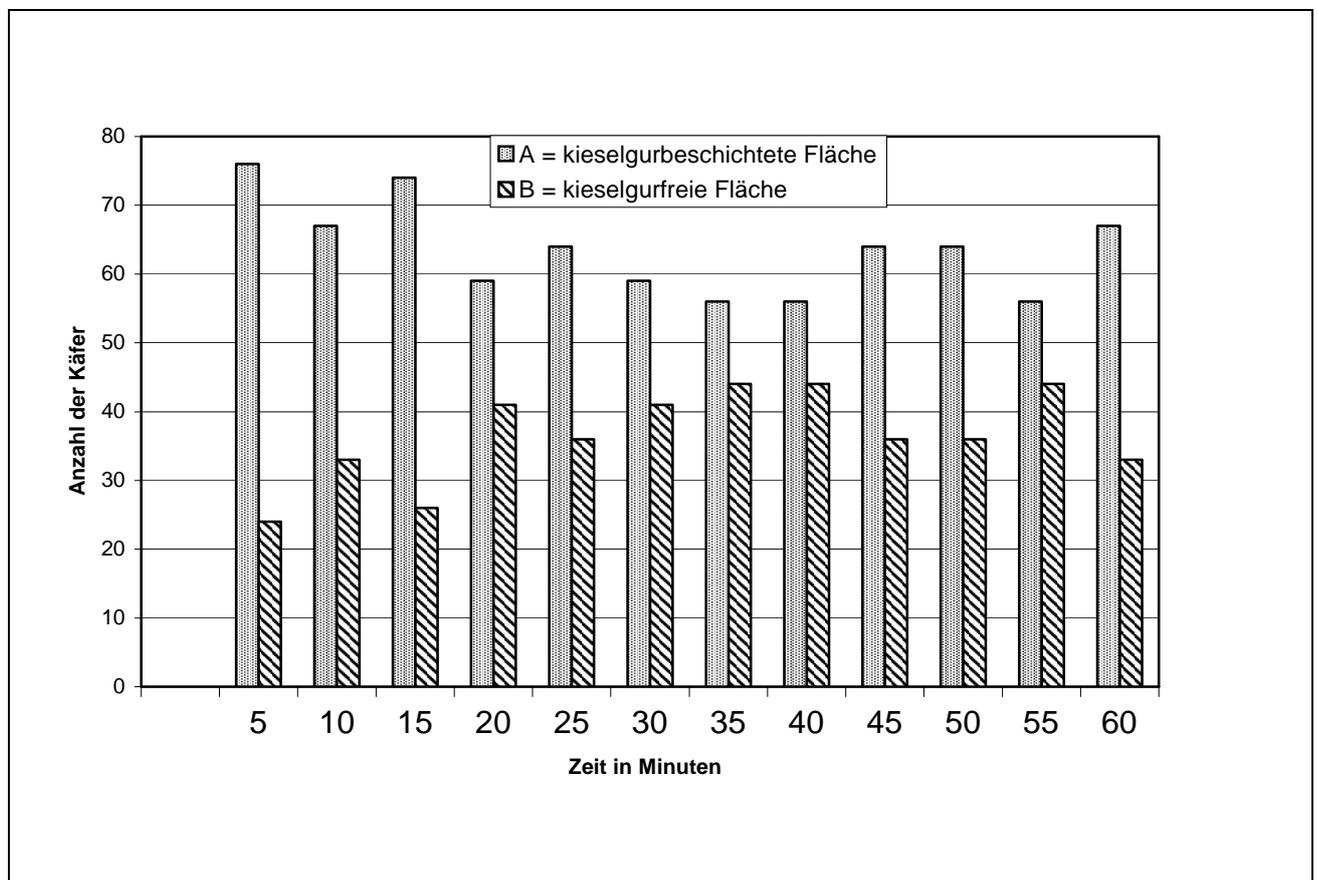


Abbildung 4: Aufenthaltshäufigkeiten der Käfer auf mit Kieselgur (FS 90.0S) beschichteten und unbeschichteten Flächen

Um zu untersuchen, ob nun eine Attraktivität von Kieselgur ausgeht, oder ob eine Meidung der glatten unbehandelten Fläche vorliegt, wäre es in weiteren Versuchen möglicherweise sinnvoll, die Kieselgur-freie Fläche mit feinem Weizenmehl oder Marmorstaub zu versetzen. Für die Anwendung des Kieselgurs im Vorratsschutz ist es von Bedeutung zu klären, ob das Kieselgur für bestimmte Arten vorratsschädlicher Insekten attraktiv ist, und wie weit ggf. diese Attraktivität geht.

In einem derzeit anlaufenden Projekt mit südosteuropäischen Partnern wird die Wirksamkeit lokaler Kieselguren im Vergleich zu zugelassenen Produkten untersucht. Das Wirkprinzip der physikochemischen Wirkung grenzt sich deutlich ab von der Wirkung herkömmlicher Kontaktinsektizide. Daher könnte Kieselgur auch in Zukunft, besonders für die Leerraumbehandlung im Vorratsschutz oder rings um verpackte Waren, ein interessanter Wirkstoff sein.

4 Danksagung

Wir danken Fa. Wilhelm Bein, Eiterfeld, für die Bereitstellung der beschichteten Platten zur Untersuchung.

5 Literatur

Adler, C. Stored product protection problems suitable for bio-control. In: Stengard-Hansen, L., Wakefield, M., Lukás, J., Stejskal, V. (eds.) Proc. 5th Meeting of Working Group 4 of COST Action 842, Barcelona, October 27-28, 2004, Research Institute of Crop Protection, Prague 2005: 27-30, siehe <http://cost842.csl.gov.uk/proceedings.htm>.

Anonym Pflanzenschutzmittel-Verzeichnis, Teil 5, 2007, Vorratsschutz, Hrsg.: Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Saphir Verlag Ribbesbüttel, 2007, 48 S.

Dowdy, A.; Fields, P.; Marcotte, M.; Pentland, A.-L. Structural Pest Control: The use of an Enhanced Diatomaceous Earth Product Combined with Heat Treatment for the Control of Insect Pests in Food Processing Facilities-Leadership in the Development of Methyl Bromide Alternatives. Canadian Agriculture Library, 28 S.

Mewis, I., Reichmuth, Ch. Diatomaceous earths against the coleoptera granary weevil *Sitophilus granarius* (Curculionide). the confused flour beetle *Tribolium confusum* (Tenebrionidae). the Mealworm *Tenebrio molitor* (Tenebrionidae). Hrsg.: Zuxun, J., Quan, L., Yongsheng, L., Xianchang, T., Lianghua, G.: Proceedings of the 7th International Working Conference on Stored-product Protection. 14-19 October 1998, Beijing, P.R. China, Sichuan Publishing House of Science & Technology, Chengdu, Sichuan Province, P.R. China, Vol. 1, 1999, 765-780.

Mewis, I., Ulrichs, Ch. Wirkungsweise amorpher Diatomeenerden auf vorratsschädliche Insekten. Untersuchung der abrasiven sowie sorptiven Effekte. Anz. Schädlingskunde **72**, 1999, 113-121.

Mewis, I.; Ulrichs, Ch.. Auswirkung von Diatomeenerde auf den Wasserhaushalt des Kornkäfers: *Sitophilus granarius* (L.) (Col., Curculionidae) und möglicher Einsatz innerhalb des Vorratsschutzes., J. Appl. Ent. **125**, 2001, 351-360.

Park R, Rice F, Stayner L, Smith R, Gilbert S, Checkoway H. Exposure to crystalline silica, silicosis, and lung disease other than cancer in diatomaceous earth industry workers: a quantitative risk assessment. *Occupational and Environmental Medicine* 2002, **59**: 36-43

- Prasantha, B.D.R., Reichmuth, Ch.. Lethal effect of the diatomaceous earths Silico-Sec® and Fossil-Shield® on the bean weevil *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Col., Bruchidae) as a stored pest of common bean *Phaseolus vulgaris* (L.). In: 53. Deutsche Pflanzenschutztagung, Bonn, 16.-19. September 2002. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch. Berlin **390**, 2002, 454-455.
- Prasantha, B.D. R., Reichmuth, Ch., Hetz, S.K., Adler, C. Physiological aspects of diatomaceous earth-treated cowpea weevil *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection. 22-26 July 2002, York, UK Eds.: Credland, P.F., Armitage, D.M., Bell, C.H., Cogan, P.M., Highley, E. (Hrsg.), 2003, 608-613.
- Prasantha, B.D. R., Reichmuth, Ch., Büttner, C. Effect of temperature and relative humidity on diatomaceous earth treated *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection. 22-26 July 2002, York, UK Credland, P.F., Armitage, D.M., Bell, C.H., Cogan, P.M., Highley, E. (Hrsg.), 2003, 763-767
- Schöller, M. Biologische Bekämpfung vorratsschädlicher Arthropoden mit Räubern und Parasitoiden – Sammelbericht und Bibliographie. In: Ch. Reichmuth (Hrsg.): 100 Jahre Pflanzenschutzforschung, Wichtige Arbeitsschwerpunkte im Vorratsschutz, Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 342, 1998, 85-189.
- Schöller, M.; Prozell, S. Können Kieselgur und die Lagererzwespe *Lariophagus distinguendus* zeitgleich gegen den Kornkäfer *Sitophilus granarius* eingesetzt werden? Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **58**. 2006, 158-159.
- Subramanyam, B., Roesli, R. 2000 Inert Dusts. In: B. Subramanyam & D. W. Hagstrum (Hrsg.) Alternatives to pesticides in stored-product IPM, Kluwer Acad. Publishers: 321-380.
- Völk, F.; Reichmuth, Ch.; Ulrichs, Ch. Wirksamkeitsüberprüfung hydrophobisierter Diatomeenerden bei unterschiedlichen relativen Luftfeuchten gegenüber vorratsschädlichen Insekten. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. 54. Deutsche Pflanzenschutztagung, Hamburg, **396**, 2004, 441.
- Zacher, F. und Kunicke, G. Untersuchungen über die insektizide Wirkung von Oxyden und Karbamaten. Arbeiten aus der Biol. Reichsanstalt, 1931, 201-231.
- Zacher, F. Neue Untersuchungen über die Einwirkung oberflächenaktiver Pulver auf Insekten. Zool. Anzeiger 10 (Supplementband), 1937, 264-271.