

Physikalische Behandlung von Lagerschüttgütern zur Inaktivierung von Schadinsekten

Florian Wald, M.Sc., Diplom-Ing. Sebastian Glaß, Prof. Dr. Leif-Alexander Garbe

Projekt und Ziel

Innerhalb des Bündnisses PHYSICS FOR FOOD arbeiten kleine und mittelständische Unternehmen der Region mit dem **Zentrum für Ernährung und Lebensmitteltechnologie gGmbH (ZELT)**, dem **Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. (INP) in Greifswald** unter der Leitung der **Hochschule Neubrandenburg** in verschiedenen Forschungsprojekten an physikalischen Zukunftstechnologien für Lebens- und Futtermittelsicherheit, Pflanzenschutz und Umwelt.

Das Verbundprojekt PHYSICS FOR FOOD & FEED untersucht unter der Leitung von Sebastian Glaß am ZELT unterschiedliche Kalte Atmosphärische Plasma (CAP)-Anwendungen, um gemeinsam mit der **Hafen Vierow GmbH** und **automation & software Günther Tausch GmbH (autosoft)** Schüttgüter wie Brau- oder Futtergerste im Nachernteprozess zu dekontaminieren. Das bedeutet, Mikroorganismen wie Schimmelpilze oder Bakterien sollen durch physikalische Behandlungen des Getreides nachweislich unschädlich gemacht, aber ebenso auch Schadinsekten und deren Vermehrung unterdrückt werden. Gemeinsam entwickelten die Partner hierfür ein Plasma-Förderband (siehe Bilder). Das Ziel ist der gänzliche Verzicht auf chemische Pestizide von der Ernte auf dem Feld, über die Vorratslagerung bis hin zur Verarbeitung der Schüttgüter sowie der Transfer von der Wissenschaft zur Wirtschaft.

Grundsätzlich gilt beim Vorratsschutz und vor allem beim Einsatz aufwendiger, kostenintensiver oder chemischer Mittel: „Vermeiden ist besser als Bekämpfen!“, so Dr. Cornel Adler vom **Julius-Kühn-Institut Berlin, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen** und beratender Partner des ZELT.

Der Klimawandel führt zu einem Umdenken in der Vorratslagerung, da sich bekannte Arten in Folge der höheren Temperaturen

schneller entwickeln und wärmeliebende (thermophile) Arten ihren Lebensraum immer weiter nördlich ansiedeln. 2018 wurde das erste Mal in Deutschland der Schlupf des Kornkäfers (*Sitophilus granarius*) aus der Ähre auf dem Acker beobachtet. Für gewöhnlich geschieht das nur in warmen Ländern, denn die Entwicklung des *Sitophilus granarius* benötigt ca. 6 Wochen bei Temperaturen über 25 °C und einer Kornfeuchte unter 17 %, um einen Vermehrungszyklus vom Ei bis zum Käfer abzuschließen.

Die steigenden Weltmarktpreise für Getreide fördern qualifizierten Vorratsschutz. Neue kostengünstigere Technologien sollen den Vorratsschutz revolutionieren.

Diesem fortschrittlichen Ziel kommen die Forscher aus Neubrandenburg immer näher,

denn mit ihrem Förderband-Demonstrator und einer direkten Plasmabehandlung sind sie in dieser Größendimension zurzeit führend auf der Welt.

Was ist eigentlich Vorratsschutz?

Der Vorratsschutz besteht aus drei Säulen, so ADLER: Vermeidung, Früherkennung und Bekämpfung. *Vermeidung* (Säule 1) heißt, den Eintrag bei der Einlagerung (Kontrolle der eingegangenen Partie) sowie die anschließende Vermehrung der Schadinsekten durch energie- und kostenintensive Kühlung, Trocknung und schädlingdichte Lagerung zu unterbinden. Die bauliche Gestaltung und eine gründliche Hygiene der Lagerplätze sind das Fundament der vorbeugenden Maßnahmen. Doch die wenigsten Lager in Deutschland können über längere Zeit frei von Befall gehalten werden.

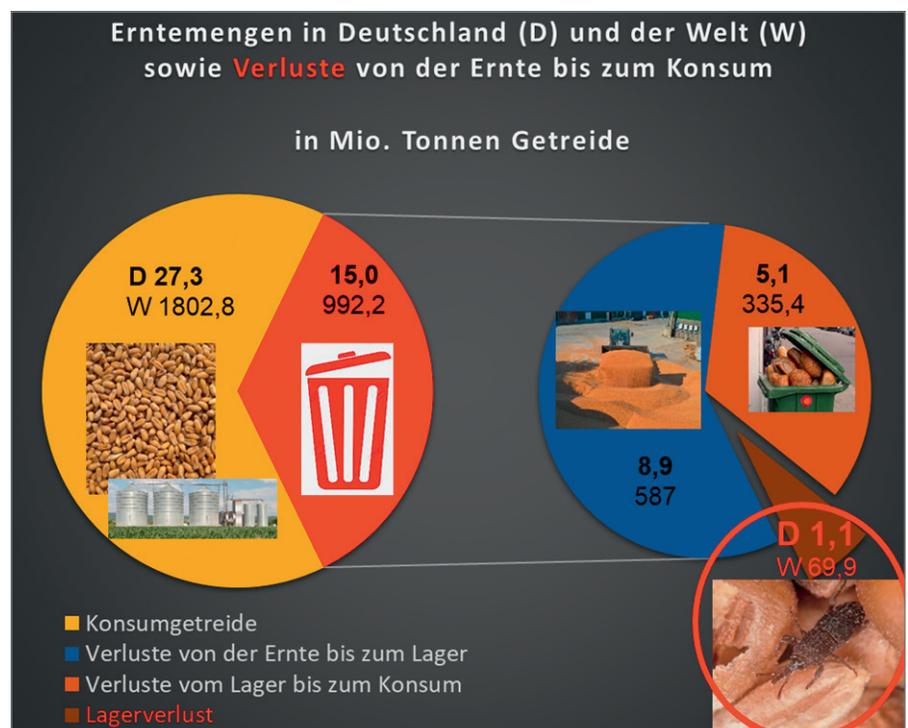


Bild 1: Kreisdiagramm → Getreideerntemengen in Deutschland und auf der Welt im Jahr 2022; ein Drittel Verlust. 2. Kreisdiagramm → zeigt die rund 33 Prozent Verlust in Nachernteverlust, Lagerverlust und Verluste bei der Verarbeitung bis zum Konsum; der Verlust entspricht etwa 61.000 Anhängern mit 18 t Ladung.

Durch die *Früherkennung* (2. Säule) können die Lagerhalter einen Befall ihrer Schüttgüter optisch, akustisch, olfaktorisch (Geruch) und thermisch erfassen sowie entsprechende Gegenmaßnahmen einleiten. Temperatur, Feuchtigkeit und Kohlendioxid-Gehalte sind dabei wichtige Indikatoren, die praktisch fortwährend kontrolliert werden. Ebenso bieten Fallen eine aufschlussreiche Überwachung.

Drittens, die *Bekämpfung* (Säule 3) ist chemisch, biologisch, biotechnologisch oder physikalisch möglich, doch Aufwand und Wirkungsgrad variieren stark.

Kaltes Atmosphärisches Plasma

Kaltatmosphärisches Plasma ist ein bei Atmosphärendruck auf verschiedene Weise zwischen zwei Wechselspannungselektroden ganz oder teilweise ionisiertes Gas, dessen Elektronen und speziell deren Kollisionen reaktive Spezies erzeugen. Diese haben eine dekontaminierende Wirkung. Bislang wurden direkte Anwendungen mit kaltatmosphärischen Plasmen schon erfolgreich in der Medizintechnik getestet. Darüber hinaus lassen sich die reaktiven Spezies und somit auch die keimabtötende Wirkung auf weitere Medien (Luft/Wasser) übertragen und diese Medien für Anwendungen nutzen. Im laufenden Projekt ist der Fokus auf mikrobielle und entomologische Dekontamination schüttfähiger Erntegüter gerichtet. Das Forscherteam um MOHAMMADI et al. (2015) hat für die Kaltplasmabehandlung von Amerikanischen Reismehlkäfern (*Tribolium confusum*) und Mehlmotten (*Ephestia kuehniella*) auf Ernteweizen ausreichende Immobilisierungseffekte nachgewiesen.

Auch MAHENDRAN et al. (2016) beobachtet signifikante Anstiege der Sterblichkeitsrate nach Kaltplasmabehandlung von Rotbraunen Reismehlkäfern (*Tribolium castaneum*) als Besatz von raffiniertem Weizenmehl. Neben zahlreichen weiteren Studien resümieren auch EL-AZIZ et al. (2014) auf Basis ihrer Studienergebnisse zur Mortalität der Dörrobstmotte (*Plodia interpunctella*) über Kaltplasmaanwendungen als eine effektive und umweltfreundliche Behandlungstechnik im Lagerschädlingsmanagement.

Förderband

Das Förderband ist aus lebensmittelgeeigneten Materialien angefertigt. Den Demonstrator kann man in Steuereinheit,

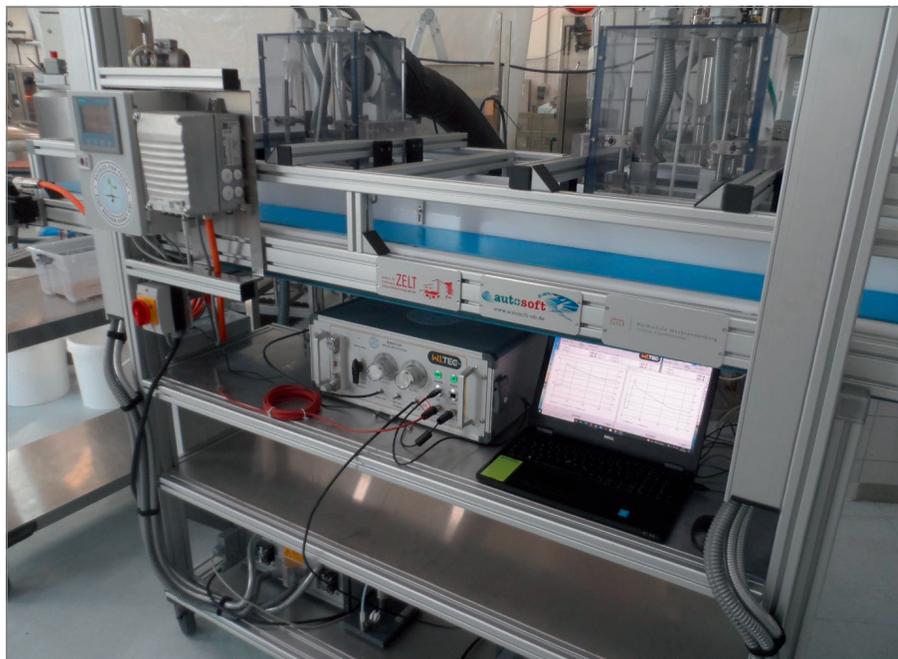


Bild 2: Das Förderband ist etwa drei Meter lang und wiegt mehrere hundert Kilogramm. Über einen Trichter gelangt Schüttgut auf das Förderband, auf dem Plasmaeinrichtungen installiert wurden. Das Getreide – und die Kornkäfer – können so direkt mit Plasma behandelt werden, sodass die Schädlinge inaktiviert werden.

Plasmaeinheit und Messvorrichtungen unterteilen. Die Module sind so angelegt, dass alles flexibel nach Bedarf eingestellt und somit die optimale Behandlung ermittelt werden kann.



Bild 3: Mehrere Monate waren notwendig, um das Wirkprinzip des Förderbandes zu verfeinern. Dafür sind vier Plasmaquellen nun hintereinander geschaltet und das Schüttgut nimmt einen vorher eingestellten Weg über das Förderband.

Die Steuereinheit ist programmiert, eine definierte Getreidemenge aus dem Kornspender auf das Band abzugeben und die Bandgeschwindigkeit stufenlos einzustellen. Hier werden die technischen Daten gesichert.

Eine Plasmaeinheit besteht aus zwei Generatoren mit jeweils zwei Plasmaköpfen der Firma TIGRES GmbH. Sie erzeugen ein direktes Plasma, das auf das Getreide trifft (Abb.). Das Plasma-Abgas wird abgesaugt und neutralisiert. Die Gaszusammensetzung wird durch ein externes Messgerät der Firma Wi.Tec-Sensorik GmbH vermessen. Der Energieverbrauch wird ebenfalls automatisch erfasst.

Ergebnisse

Die positiven und dekontaminierenden Eigenschaften von Kaltem Atmosphärischem Plasma sind weltweit ein interessantes Thema. Ob in der Medizin, Landwirtschaft oder Lebensmittelproduktion – es besteht noch sehr großes Potential für die Wissenschaft und Wirtschaft. In der Medizin und im Großteil aller wissenschaftlichen Studien wurden Edelgase, Helium oder definierte Sauer- und Stickstoff-Mischungen verwendet.

PHYSICS FOR FOOD & FEED nutzt zusammen mit seinen Projektpartnern kostenfreie Umgebungsluft, um ähnlich erfolgreiche

Ergebnisse zu erzielen. Das ist weitestgehend gelungen. Neben den mikrobiologischen Erfolgen sind auch Vorratsschädlinge betrachtet worden. Diverse Plasmaquellen mit verschiedener Technik, direkter oder indirekter Behandlung und die uneinheitlichen Anlagengeometrien zeigten ebenso vielfältige Ergebnisse.

Im Labormaßstab haben die Forscher im ZELT eine direkte Methode zur Bekämpfung des Kornkäfers und des Rotbraunen Reismehlkäfers im Förderstrom gefunden und entwickelt (Grafik). Im Vordergrund stand immer die Skalierbarkeit auf einen industriellen Maßstab, in dem große Mengen Getreide in kurzer Zeit rentabel dekontaminiert werden können. Der Förderband-Demonstrator kann auch größere Mengen behandeln.

Die Ergebnisse der Labordemonstratoren beweisen, dass die Käfer nur zum Teil direkt absterben, aber nach fünf Tagen zu über 99 Prozent inaktiviert sind. Die Entwesung eines Getreidelagers ist somit greifbar. Zudem sind auch positive Resultate in der Absenkung der mikrobiologischen Belastung der untersuchten Gerste dokumentiert.

Für den Nachweis der fungiziden Wirkung des Plasmas infizierten die Wissenschaftler das Getreide künstlich mit Pilzsporen und behandelten dieses anschließend in den verschiedenen Labordemonstratoren. Die Ergebnisse sind sehr viel versprechend ausgefallen. Die reaktiven Sauerstoff- und Stickstoff-Spezies, die aus der ionisierten Luft entstehen, erreichen eine nahezu 100 prozentige Abtötung der Pilzsporen. Folglich ist das Getreide gesünder und Lagerpilze wie *Penicillium verrucosum* potentiell bekämpfbar. Ab 18 Prozent Restfeuchtigkeit im Getreide gedeiht dieser stark gesundheitsgefährdende Pilz, der Mykotoxine (Pilzgifte) erzeugt, die das Getreide gänzlich verderben und unverkäuflich machen.

Ausblick

Zeitnah soll mit den Projektpartnern wie der **Hafen Vierow GmbH** das Up-Scaling zur industrienahen Anwendung erfolgen. Das Kalte Atmosphärische Plasma zeigt bisher keine negativen Auswirkungen auf die Qualität des Getreides in Bezug auf Backfähigkeit und Fallzahl. Die Keimfähigkeit verbessert sich durch die CAP-Behandlungen, wie PHYSICS

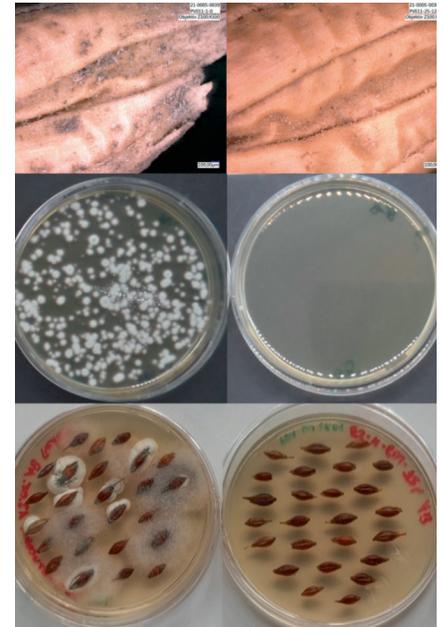


Bild 4: Gerste mit Pilzsporen (*Penicillium verrucosum*) inokuliert. A) Ohne CAP-Behandlung ca. 5×10^6 Sporen je g Gerste; B) Ca. 5×10^6 Sporen je g Gerste mit CAP-Behandlung (Labormaßstab 1 kg), Pilzsporen wachsen nicht mehr (mitte, unten) und sind spektroskopisch (oben) nicht mehr erkennbar, Abtötung >99,9999 % mit Kaltem Atmosphärischen Plasma.

FOR SEEDS umfänglich nachweisen konnte. Die Forscher des **Zentrums für Ernährung und Lebensmitteltechnologie (ZELT)** haben im Labor zusammen mit dem **Prüfinstitut für Chemische Analysen (PiCA)** Hinweise gefunden, dass Mykotoxine und Pflanzenschutzmittelreste durch Plasma reduziert werden, sodass am Multitalent „Kalt-Atmosphärisches Plasma“ weiter geforscht wird.

Quellen:

Adler, C. (2020): Vorräte schützen! Getreide richtig lagern. *Wochenblatt Magazin*, 4-11-2020

Adler, C., Kregel-Horney, S., et. al. (2021): Klimawandel und mögliche Herausforderungen für den Pflanzenschutz – Gestern, heute, morgen, *Julius-Kühn-Institut. Journal für Kulturpflanzen*, 73 (7-8). S. 292–305, 2021, ISSN 1867-0911

Bundesamt für Ernährung und Landwirtschaft. <https://www.bmel-statistik.de/preise/allgemeine-preisstatistik>; Stand: 11.2022

El-Aziz, M. F. A., Mahmoud, E. A., & Elaragi, G. M. (2014). Non-thermal plasma for control of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of stored products research*, 59, 215-221

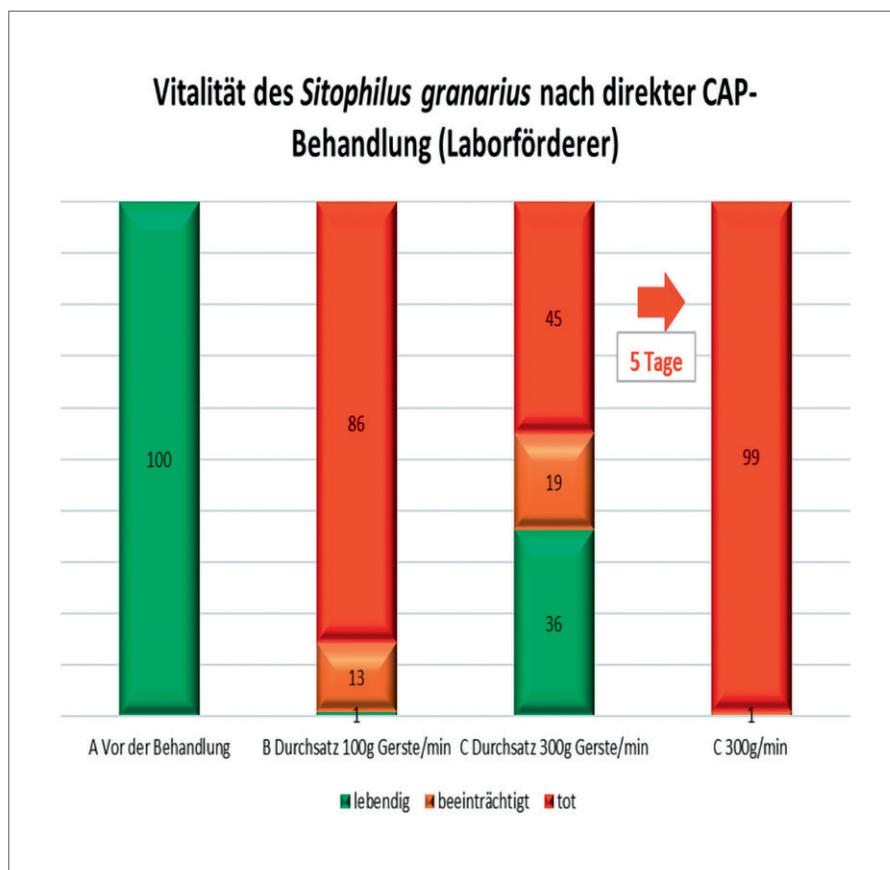


Abb.: Bild 1: Ergebnisse des Vorversuchs der Käferbehandlung im Labormaßstab

https://agriculture.ec.europa.eu/data-and-analysis/markets/overviews/market-observatories/crops/cereals-statistics_de. EU representative market prices for cereals.
Stand: 17.11.2022

Landwirtschaftskammer NRW: <https://www.oekolandbau.nrw.de/fachinfo/markt/standard-titel-6/die-biomaerkte-im>, 01.2022

Mahendran, R. (2016). Effect of cold plasma on mortality of *Tribolium castaneum* on refined wheat flour. In Proceedings of the 10th International Conference on Controlled

Atmosphere and Fumigation in Stored Products (CAF 2016), Winnipeg, MB, Canada (pp. 7-11).

Meinolf G. Lindhauer, Klaus Lösche, Thomas Miedaner (2017): GETREIDE., Inhaltsstoffe, Analytik, Reinigung, Trocknung, Lagerung, Vermarktung, Verarbeitung., Auflage 7, Erling Verlag GmbH & Co. KG, ISBN: 978-3-86263-003-5

R. Hippler, S. Pfau, M. Schmidt, K.H. Schoenbach(2001): Low Temperature Plasma Physics, Fundamental Aspects and

Applications, WILEY-VCH Verlag Berlin GmbH, ISBN: 3-527-28887-2.

Shahrzad Mohammadi, S., Dorranean, D., Tirgari, S., & Shojaee, M. (2015) The effect of non-thermal plasma to control of stored product pests and changes in some characters of wheat materials. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*.
SSN: 2220-6663. Iran

