



Carvex Verfahrenstechnologie für Lebensmittel & Pharma GmbH

Postfach 111
53551 Bad Honningen
Telefon: +49 (0) 2635.789 - 21
Telefax: +49 (0) 2635.789-10

CO₂-Druckentwesung – eine Alternative zur herkömmlichen Begasung

J. Kraus und D. Gerard, Rehlingen

1. Einleitung

Getreideprodukte sind wie auch andere pflanzliche Produkte mehr oder weniger stark von Schadinsekten befallen. Geschützt vor Witterungseinflüssen und natürlichen Feinden können sie sich bei fast unbegrenzt vorhandener Nahrung sehr schnell und stark vermehren und so zur Beeinträchtigung des Lagergutes führen. Als Beispiel für Schäden am Lagergut können genannt werden: Verschmutzung, Fraßschä-

den, Übertragung von Mikroorganismen oder Gesundheitsschäden bei Mensch und Tier. Fraßschäden führen nicht nur zum Gewichtsverlust, sondern sie können bei selektiv fressenden Schädlingen z. B. Braugerste und Saatgut durch Zerstörung des Keimlings schädigen oder den Futterwert und die Backqualität durch Veränderung des Verhältnisses der einzelnen Kornfraktionen beeinträchtigen (4).

Es sollten daher auch bei Rohprodukten alle erdenklichen Maßnahmen zur Bekämpfung ei-

nes Befalls getroffen werden. Bei Fertigprodukten, die für den Kunden bestimmt sind, kann das Risiko nicht eingegangen werden, mit der Bekämpfung zu warten, bis ein Befall erkennbar wird. Hier muß, um unangenehmen Kundenreklamationen vorzubeugen, ein Insektenbefall völlig ausgeschlossen werden.

2. Problematik herkömmlicher Entwesungsverfahren

Vor allem die prophylaktische Entwesung der gesamten Produktion ist unter dem Gesichtspunkt der Minimierung des Insektizideinsatzes bei u. U. rückstandsbildenden chemischen Verfahren nicht zu verantworten.

Die wachsende Furcht vor schädlichen Rückständen und die heute verfügbaren Analysemethoden, die schon die geringsten Spuren von Entwesungsmitteln im behandelten Gut nachweisen können, lassen den Einsatz von Giftgasen und Insektiziden zunehmend zu einer unbefriedigenden Lösung zur Bekämpfung von Schädlingen in Lebensmitteln werden.

Mögliche Rückstände führen vor allem dann zu Problemen, wenn Produkte direkt nach der Behandlung mit Giftgasen weiterverarbeitet, verpackt und vertrieben werden.

Verstärkt wird die Rückstandsproblematik bei bereits vorbelasteten Produkten, z. B. durch mehrfache Entwesung bei lange lagernden

Tabelle 1: Wirksamkeit von CO₂ unter Druck auf Vorratsschädlinge (Mortalität in %)

Druck (bar)	Art	Einwirkzeit (min)											
		5	10	15	20	30	40	50	60	90	120	140	
20	Acarus siro								100		100		
	Lasioderma serricorne					79,5	88,7	92,8		95,9	99,0	99,7	100
	Plodia interpunctella		53,8			98,9	100						
	Stegobium paniceum					89,5	100	94,7		98,8		100	
	Tribolium confusum					91,6	99,7	99,4		99,1		100	
	Sitophilus granarius										100	100	100
30	Acarus siro							100		100			
	Lasioderma serricorne				99,0	≈99	99,5	99,8	100	100			
	Plodia interpunctella		99,3	100		100							
	Stegobium paniceum				100	100	100	100	100	100			
	Tribolium confusum				97,9	100	99,4	100	100	100			
	Sitophilus granarius					100		100	100	100			
37	Acarus siro	>99	>99		100		100	100	100				
	Lasioderma serricorne		≈99	≈99	≈99	100	100		100				
	Plodia interpunctella	100	100		100								
	Stegobium paniceum	86,0	100	100	100		100				100		
	Tribolium confusum	98,6	100	100	100		100						

Produkten, unsachgemäße Entwesung im Erzeugerland, durch den Einsatz von Pestiziden beim Anbau oder durch Boden- und Umweltbelastungen.

Bei der Begasung von Silos, Flachlagern, Lagerräumen und bedingt auch bei gasdichten Containern tritt die Rückstandsproblematik hinter den Problemen zurück, die sich bei der praktischen Durchführung der Begasung aus Sicht des Umweltschutzes und der Arbeitssicherheit ergeben. Unfälle, mit sogar tödlichem Ausgang, haben die zuständigen Behörden sensibilisiert. Weitgehende Auflagen in der Verordnung über gefährliche Stoffe (GefStoffVo) (7) und den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 512 Begasung) (6) erschweren die Durchführung der Silobegasung. So bedarf es beispielsweise zur Begasung von Silos der Erlaubnis der zuständigen Behörde und von den Verantwortlichen wird ein Befähigungsschein gefordert. Auf die besonderen Vorsichtsmaßnahmen, die nach § 25 Gefahrstoffverordnung vorgeschrieben sind, braucht nicht näher eingegangen zu werden. Mit besonderen Schwierigkeiten ist bei Vorratslagern zu rechnen, die in der Nähe von Wohnsiedlungen liegen. Benutzer angrenzender Räume und Gebäude sind 24 Stunden vor Beginn der Begasung schriftlich unter Hinweis auf die Gefahren der Begasungsmittel zu warnen. Nicht zuletzt wegen ausführlicher Berichte in den Medien über Unfälle und Gefahren der Begasung kann dies zu Widerständen bei den Anwohnern führen. Der Aufwand, der nötig ist, um die Läger vor der Begasung abzudichten und die Maßnahmen bei der Belüftungsphase zur Vermeidung von Belästigungen, sind bekannt. Weiterhin ist die relativ lange Begasungszeit nachteilig, die diese Entwesungsverfahren gemeinsam haben.

Die Rückstandsproblematik kann schon durch die Verwendung inerte Gase in drucklosem Zustand vollkommen gelöst werden. Auch die Probleme, die aus der Arbeitssicherheit und dem Umweltschutz entstehen, können damit weitgehend beseitigt werden.

Allerdings ist bei der Verwendung druckloser Inertgase ein höherer Aufwand für die Abdichtung der Läger nötig, da im Vergleich zu den chemischen Mitteln eine hohe Gaskonzentration erforderlich ist. Auch die lange Einwirkungszeit inerte Gase im drucklosen Zustand, die in Abhängigkeit von der Temperatur mehrere Wochen betragen kann, ist vor allem dann nachteilig, wenn ein schneller Erfolg gewünscht ist.

3. Wirksamkeit

Nicht nur die aufwendigen Maßnahmen zur Abdichtung der Läger, die Probleme mit Anwohnern, Behörden und Verbrauchern entfallen beim Einsatz des CO₂-Druckverfahrens, auch die langen Begasungszeiten können drastisch verkürzt werden. Die Wirksamkeit des Verfahrens soll hier anhand von zwei für die Getreidenährmittel relevanten Schädlingen, dem Amerikanischen Reismehlkäfer (*Tribolium confusum*) und dem Kornkäfer (*Sitophilus granarius*), gezeigt werden:

In Abbildung 1 sind für die beiden Schädlinge die Druck-/Zeitbereiche gekennzeichnet, bei denen eine vollständige Abtötung aller Entwicklungsstadien erreicht wird. Danach ist der Reismehlkäfer geringfügig widerstandsfähiger als der Kornkäfer. Die Einwirkungszeit in Abhän-

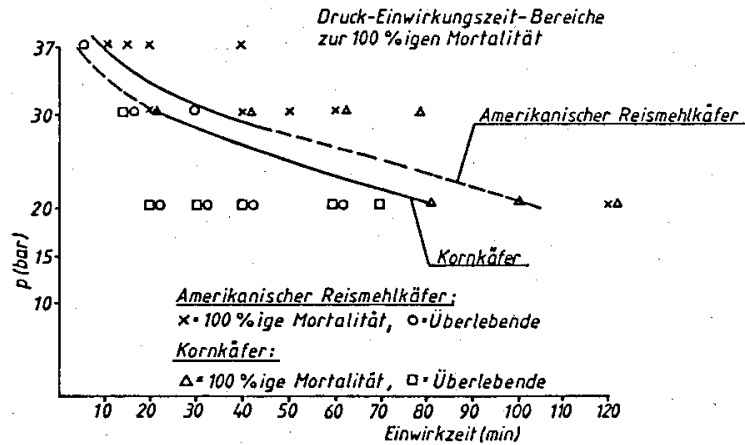


Abb. 1: Wirksamkeit von CO₂ unter Druck auf *Sitophilus granarius* (Kornkäfer) und *Tribolium confusum* (Amerikan. Reismehlkäfer) in Abhängigkeit von Druck und Einwirkzeit

gigkeit vom Druck ist in Tabelle 1 für weitere Schädlinge u. a. auch für die Mehlmilbe (*Acarus siro*) zusammengefasst. Eine 100 %ige Mortalität wird für die hier aufgeführten Schädlinge im Druckbereich von 20 bis 40 bar mit Behandlungszeiten von fünf bis 140 Minuten erreicht.

Es zeigt sich, daß auch die Mehlmilbe durch die Druckentwesung mit Zeiten von 20 bis 60 Minuten gut bekämpfbar ist. Dies ist besonders bemerkenswert, da Milben durch die anderen zugelassenen Bekämpfungsmittel (Phosphorwasserstoff und Methylbromid) nur schwer vollständig abzutöten sind.

Außer den hier genannten Schädlingen liegen Werte für etwa weitere 20 Arten vor. Die Verfahrenswirksamkeit der Carvex-Methode wurde in Zusammenarbeit mit der Biologischen Bundesanstalt, Institut für Vorratsschutz, in Berlin, geprüft und bewiesen.

Die Vorratsschädlinge wurden in Käfigen – die Insekten in Blechdosen mit beidseitigem Drahtgazeinsatz, die Milben in Glasröhrchen, die mit milbendichter Gaze verschlossen waren – zwischen die gefüllten Säcke in die Entwesungskammer eingebracht.

Die Käfige enthielten jeweils ein Brutgemisch mit einer unbestimmten Anzahl von Eiern, Larven aller Entwicklungsstadien, Puppen und adulten Tieren. Nach der CO₂-Druckbehandlung wurden die Proben derart ausgewertet, daß überlebende Käfer und Motten ausgezählt und die Käfige mit den Vorratsschädlingen und Milben über einen Zeitraum von drei Monaten bebrütet und wöchentlich auf das Auftreten lebender Tiere beobachtet wurden (1).

4. Produkte und Qualität

Durch mehrjährige Tätigkeit in Forschung und Entwicklung sowie beim Einsatz der Methode zur Lohnbehandlung existiert ein umfangreiches Know-how in den Einsatzbereichen und den Auswirkungen auf die Produktqualität. Das Carvex-Verfahren zur Druckentwesung mit natürlicher Quellenkohlendioxid kann ohne Bedenken in vielen Bereichen eingesetzt werden. Einige Beispiele sollen kurz erwähnt werden.

– Lebensmittel wie Getreide und Getreideprodukte, Cerealien, Trockengemüse, Süßwaren, Nüsse oder Trockenobst

- Küchenkräuter und Gewürze
- Kräuter- und Früchtetee
- Arzneipflanzen und pharmazeutische Rohstoffe
- Rohtabak und Tabakerzeugnisse
- Tiernahrung

Bei sachgerechter Auswahl der Verfahrensparameter können Auswirkungen der CO₂-Druckbehandlung auf das Einsatzmaterial ausgeschlossen werden. So zeigt beispielsweise das Ergebnis einer ausführlichen Studie zur CO₂-Druckbehandlung von Arzneidrognen und Kräutertees, daß der Gehalt an Inhaltsstoffen nach der Entwesung unverändert ist (3). Auch bei der Behandlung von Getreide mit CO₂ unter Druck können keine negativen Einflüsse auf die Produktqualitäten nachgewiesen werden. Sowohl die Backqualität als auch das Keimungsverhalten werden nicht nachteilig beeinflusst.

5. Verfahrensprinzip

Das Carvex-Verfahren zur CO₂-Druckentwesung arbeitet bei Umgebungstemperatur und Drücken bis 40 bar. In Abbildung 2 ist das Verfahrensprinzip kurz skizziert.

Das zu behandelnde Material wird in speziell konstruierte Entwesungskammern eingebracht. Die Kammern sind zur einfachen und schnellen Beschickung mit speziellen Schnellverschlüssen ausgestattet. Nach Verschließen der Kammer strömt gasförmiges Kohlendioxid aus einem auf das Verfahren abgestimmten CO₂-Arbeitsbehälter in die Anlage ein, bis der gewünschte Druck erreicht ist. Nach Ablauf der Einwirkungszeit wird der Druck in der Kammer entspannt und das Material kann entnommen werden. Für den sporadischen Einsatz oder zur Entwesung kleinerer Mengen werden preiswerte Einkammeranlagen eingesetzt; für die routinemäßige Behandlung größerer Mengen wird auf das betriebskostengünstige Zweikammersystem zurückgegriffen. Der Kammerdurchmesser hängt von der Gebindegröße der Einsatzprodukte ab, die Länge wird vom gewünschten Durchsatz bestimmt. Es können sowohl Kleingebinde als auch ganze Paletten mit Säcken, Ballen usw. behandelt werden (2). Die zuvor beschriebenen Anlagentypen sind für

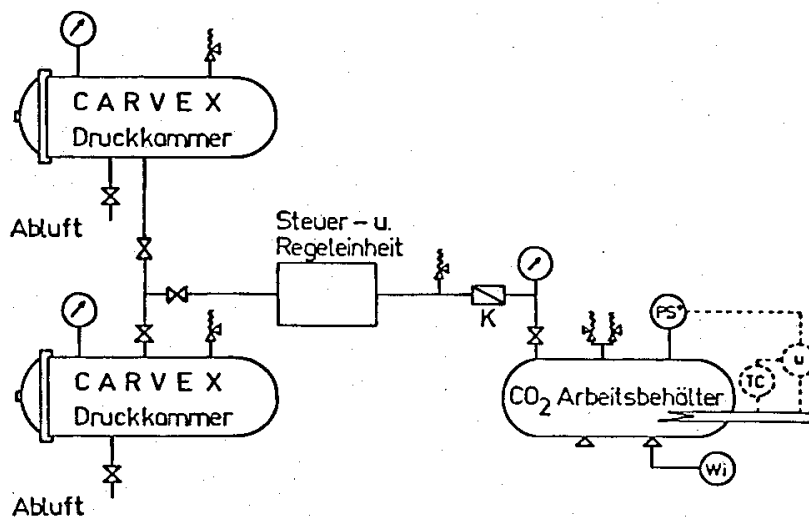


Abb. 2: Verfahrensschema einer Doppelkammeranlage zur CO₂-Druckentwesung

Schüttgüter weniger gut geeignet. Eine kontinuierliche Carvex-Anlage speziell für die Entwesung von Schüttgütern wie Getreideprodukte ist z. Z. in Bau und wird voraussichtlich im September in Betrieb gehen. Die Druckkammer hat die Form eines Silos und ist stehend angeordnet. Das Produkt wird über spezielle Ein- und Austragevorrichtungen kontinuierlich der Kammer zugeführt und entnommen. Der CO₂-Druck in der Kammer wird über entsprechende Regel- und Steuergeräte auf dem gewünschten Arbeitsdruck gehalten.

Der CO₂-Verbrauch ist vergleichbar mit dem CO₂-Einsatz des betriebskostengünstigen Zweikammersystems. Für die laufende Behandlung größerer Mengen ist eine CO₂-Rückgewinnung vorgesehen, wodurch die CO₂-Kosten noch weiter gesenkt werden. Für kleinere Durchsatzmengen sind auch quasi-kontinuierliche Anlagen erhältlich. Die Kosten für eine kontinuierliche Anlage mit einer Leistung von 1 t Getreide pro Stunde sollen nachfolgend abgeschätzt werden. Aus der Einwirkungszeit, die bei der kontinuierlichen Anlage in etwa der Verweilzeit entspricht, ergibt sich das Anlagevolumen.

Ausgehend von den Einwirkungszeiten, die zuvor für den Kornkäfer und den Amerikanischen Reismehlkäfer genannt wurden, liegt je nach gewähltem Arbeitsdruck das Anlagevolumen einer 8 t-Anlage zwischen 2 und 20 m³. Die Investitionskosten für Anlagen dieser Größe liegen zwischen 200000 DM und 500000 DM je nach Volumen, zulässigem Druck und CO₂-Rückgewinnungssystem. Die CO₂-Kosten können bei einer 20 bar-Anlage mit Rückgewinnung deutlich unter 2 DM/t liegen. Damit wird allen Betrieben, für die ein schnelles Entwesungsverfahren vorteilhaft ist und die ein rückstandsfreies, produktschonendes Verfahren bevorzugen, eine praktikable Lösung geboten.

6. Zulassung

Pflanzenschutzmittel, zu denen auch die Bekämpfungsmittel des Vorratsschutzes gehören,

sind nach § 11 Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) (5) zulassungsbedürftig. Zu diesen zulassungspflichtigen Bekämpfungsmitteln gehören nach Auffassung der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Braunschweig auch inerte Gase. Die Biologische Bundesanstalt ist eine selbständige Oberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Zu ihren Aufgaben, die u. a. im § 33 PflSchG aufgeführt werden, gehören neben der Zulassung von Pflanzenschutzmitteln, z. B. die Beratung der Bundesregierung auf dem Gebiet des Pflanzenschutzes oder die Mitwirkung bei der Überwachung zugelassener Pflanzenschutzmittel. Die eigentliche Durchführung des PflSchG obliegt den Ländern. Die zuständigen Länderbehörden, dies sind in einigen Bundesländern die Pflanzenschutzämter, sorgen ggf. mit Unterstützung der Gewerbeaufsichtsämter für die Überwachung und Einhaltung der Vorschriften.

Über die Zulassung entscheidet die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Braunschweig im Einvernehmen mit dem Bundesgesundheitsamt und dem Bundesumweltamt. Bestandteil des Zulassungsverfahrens ist nicht nur die Prüfung rein stoffbezogener Daten wie toxikologische, physikalische und chemische Eigenschaften, sondern auch die Prüfung und Bewertung der Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier, auf Grundwasser sowie den Naturhaushalt.

Auch der Nachweis der hinreichenden Wirksamkeit (bei Begasung im Vorratsschutz 100% Mortalität) ist eine wichtige Zulassungsvoraussetzung. Die vom Antragsteller mit dem Zulassungsantrag vorzulegende vorläufige Gebrauchsanleitung wird überprüft und mit dem zum Schutz der Gesundheit von Mensch und Tier und den zum Schutz vor sonstigen schädlichen Auswirkungen, insbesondere auf den Naturhaushalt, erforderlichen Auflagen verbunden. Wenn es für die angeblichen Schutzzwecke erforderlich ist, können bußgeldbewehrte Anwendungsbestimmungen festgesetzt werden (Bußgeld bis zu 50000 DM). Vor allem die geprüfte Bedienungsanleitung in Verbin-

dung mit dem Wirksamkeitsnachweis ist für den Anwender besonders wichtig. Denn sie bietet ihm eine hohe Sicherheit bezogen auf die Wirksamkeit, Arbeitssicherheit, Funktionstüchtigkeit und ermöglicht erst die Abnahme der Anlage durch das Gewerbeaufsichtsamt.

7. Zusammenfassung

Vorratsschädlinge können lagernde Lebensmittel durch Fraßschäden, Verschmutzungen und Übertragung von Mikroorganismen beeinträchtigen. Die herkömmlichen Giftgasbehandlungen sind in Folge möglicher schädlicher Rückstände und der Gefahren beim Umgang mit diesen Stoffen als problematisch zu betrachten. Die Druckentwesung mit natürlicher Kohlensäure stellt eine Alternative dar. Dieses behördlich geprüfte und zugelassene Verfahren arbeitet rückstandsfrei und produktschonend, stellt keine Belastung für die Umwelt dar und bietet eine hohe Arbeitssicherheit. Die Wirksamkeit der CO₂-Druckentwesung wird am Beispiel der im Bereich Getreidenährmittel relevanten Schädlinge Sitophilus granarius (Kornkäfer) und Tribolium confusum (Reismehlkäfer) demonstriert. Ein Schwerpunkt dieser Arbeit liegt in den technischen Möglichkeiten der Verfahrensführung. Es werden Kammeranlagen zur CO₂-Druckentwesung von Stückgütern gezeigt und besprochen ebenso wie die kontinuierliche Entwesung von Schüttgütern mit CO₂ unter Druck. Beispielhaft für Getreide wird eine Vorstellung zu möglichen Durchsatzmengen sowie zu den entsprechenden Kosten vermittelt. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit ist die behördliche Zulassung des Carvex-Verfahrens mit natürlicher Carbo-Kohlensäure und die damit verbundene Sicherheit für den Anwender.

Literatur

- Gerard, D., J. Kraus, K.-W. Quirin u. R. Wohlgemuth: Anwendung von Kohlendioxid unter Druck zur Bekämpfung vorratsschädlicher Insekten und Milben. — Pham. Ind. **50** (1988) 11, S. 1299
- Gerard, D., u. J. Kraus: Rückstandsfreie Druckentwesung mit natürlicher Quellenkohlendioxid. — Gordian **88** (1988) 5, S. 90
- Gerard, D., J. Kraus u. B. Fröhlingdorf: Rückstandsfreier Vorratsschutz für Arznei- und Teedrogen. — Dtsch. Apoth. Ztg., (in Vorbereitung)
- Stein, W.: Vorratsschädlinge und Hausgeziefer. — Stuttgart: Ulmer (1986) S. 14ff.
- Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen. (Pflanzenschutzgesetz — PflSchG). — vom 15. September 1986 (BGBl. I, S. 1506)
- Technische Regeln für Gefahrstoffe. — TRGS 512 Begasungen, Januar 1987 Bundesarbeitsblatt 1/1987
- Verordnung über gefährliche Stoffe (Gefahrstoffverordnung — GefStoffV). — vom 26. August 1986 (BGBl. I, S. 470)

Anschrift der Verfasser: Dr. J. Kraus und Dr. D. Gerard, Carvex Verfahrenstechnologie für Lebensmittel und Pharma GmbH, Postfach 1140, D-6639 Rehlingen