

Staubexplosionen in landwirtschaftlichen Heißlufttrockenanlagen

Dipl.-Chem. G. Beck, VEB Chemiekombinat Bitterfeld, Inspektion Arbeits- und Brandschutz

Zwei Staubexplosionen mittleren bis schweren Ausmaßes am Trockner M 804 geben Veranlassung, sich mit diesen Staubexplosionen und davon ausgehend generell mit Problemen des Staubexplosionsschutzes am oben genannten Trockner zu befassen.

1. Beschreibung des Trockners

Der Trockner M 804 dient zur Trocknung von Grünfutter und Hackfrüchten gehäckselt bzw. geschnitzelt.

Konstruktion und Funktion des Trockners dürften allgemein bekannt sein¹. Gegebenenfalls können die Informationen dazu dem Bild 1 entnommen werden, das zum Verständnis dieser Arbeit notwendig ist. Im folgenden Text werden nur noch einige hier speziell interessierende Fakten erwähnt. Als Trockengas dient das mit Sekundärluft gemischte Abgas einer Heizölfeuerung (Heizöl HE — C TGL 3667).

Der Trockner wird weitgehend manuell gesteuert. Das gilt sowohl für normale Betriebs- als auch für Notschaltungen. Am Trocknerausgang befindet sich ein Fernwirkthermometer, 0 bis 250 °C, Kl. 1,5, mit einem einstellbaren Grenzwert, bei dessen Überschreitung die Ölflamme von „groß“ auf „klein“ geschaltet wird und umgekehrt. Flammenlänge und -temperatur am Grünguteintrag sind im Bild 1 mit angegeben.

2. Beschreibung und Ursachendiskussion der Havarien

2.1. Havarie I

Im Trockenwerk Sch. trat im September 1973 beim Trocknen von Körnermaisganzpflanzen eine Explosion mit folgenden Schäden ein:

- Abreißen des Deckels vom Trockengutzyklon
- Stauchen des Zyklontraggestells um rd. 20 cm
- Aufreißen, Verstauchen und Abscheren der Kanäle bzw. ihrer Anschlüsse zum und vom Trockengutzyklon
- Folgebrände, u. a. Ausbrennen des Hauptventilators
- Durchschlagen von etwa 15 m² Dachfläche
- Produktionsausfall über mehrere Wochen

An Unregelmäßigkeiten vor der Havarie wurden festgestellt:

- Unterbrechung der Grüngutzufuhr rd. 15 min unmittelbar vor der Explosion, weil die Pflanzen z. T. gefroren waren.
- Überhitzung der Trockentrommel (über 240 °C statt 140 °C am Ausgang)
- verminderter Trockengutaustrag

Havarieursache und -ablauf ließen sich wie folgt rekonstruieren:

Durch die verminderte Grüngutzufuhr wurde der Wärmeinhalt des Ofenaustrittsgases nicht ausreichend als Verdampfungswärme für das Wasser des Grünguts verbraucht. Demzufolge stieg die Temperatur in der Trockentrommel soweit an, daß sich das darin befindliche grobe Trockengut entzündete. Bei Laboruntersuchungen trat die Entzündung bei 235 °C nach rd. 20 min auf. In der Trockentrommel lag die Temperatur über 240 °C.

Brennende Teile wurden in den Trockengutzyklon gefördert, wo sie die zündfähigen Staub/Luft-Wolken im unteren Teil des Zyklons entzündeten und damit eine Staubexplosion auslösten.

Durch den Explosionsdruck rissen die Kanäle und der Zyklondeckel auf. Der austretende Flammenstrahl durchschlug das Dach. Der Rückstoß stauchte das Traggestell, wodurch es zum Verstauchen und Abscheren der Kanäle zum und vom Zyklon und der Anschlüsse kam.

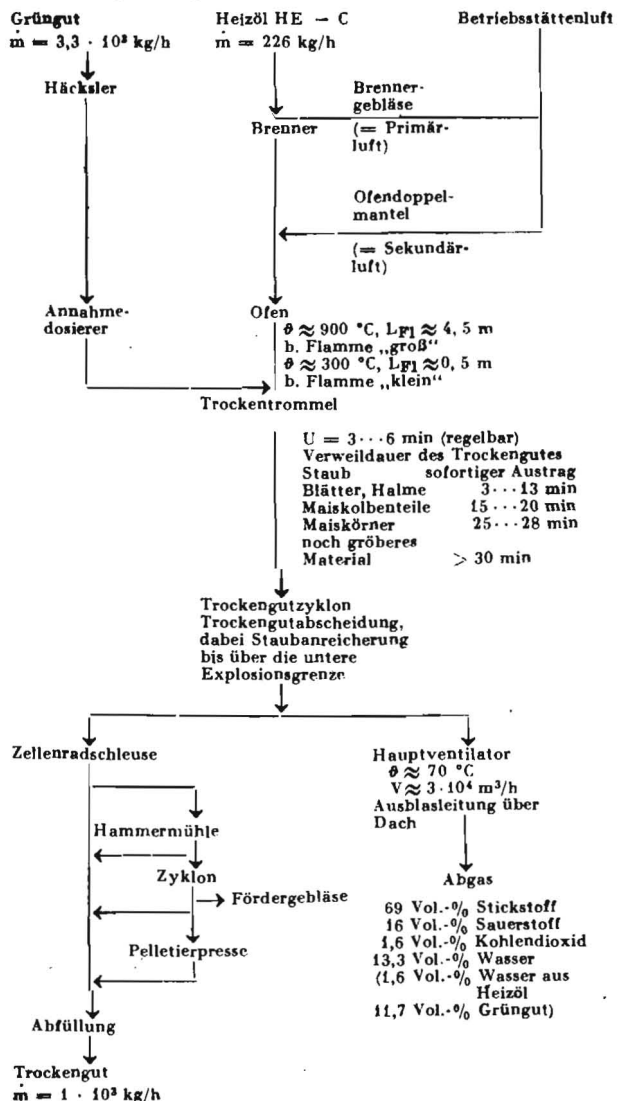
Menschen kamen nur deswegen nicht zu Schaden, weil sich zufällig niemand im Wirkungsbereich der Explosion aufhielt. Dadurch, daß die Explosion nach oben aus Zyklon und Bauwerk schlug, wurde keine Staubexplosion in der Leichtbauhalle ausgelöst, in der der Trockner stand. Die in der Halle befindlichen aufwirbelbaren Ablagerungen von Trockengutstaub hätten zu einer durchgängigen Staubexplosion ausgereicht.

2.2. Havarie II

Im Trockenwerk S. trat im Juli 1974 beim Trocknen von Getreideganzpflanzen im Gelbreifestadium eine Staubexplosion mit ähnlichen Folgen wie bei Havarie I ein.

Anders als bei der Havarie I gibt es hier keine Anhaltspunkte über Unregelmäßigkeiten vor der Explosion. Wenn man daraus folgert, daß auch keine explosionsauslösenden Unregelmäßigkeiten vorlagen, so lassen sich Havarieursache und -ablauf wie folgt rekonstruieren: Zufolge des geringeren Wassergehalts des gelbreifen Getreides fiel die Temperatur auch bei normaler Betriebsführung durch Wasserverdampfung am Grünguteintrag weniger ab als bei Körnermais.

Bild 1. Beispiel eines typischen Betriebsregimes (Mengenfließbild und Temperaturregime) des M 804



¹ S. z. B. Dt. Agrartechnik (1969) H. 3, S. 122

Durch den relativ seltenen, aber durchaus möglichen Fall, daß sich alle oder ein wesentlicher Teil der Betriebsparameter im Rahmen ihrer unkontrollierbaren Schwankungen zufällig gleichzeitig in Richtung

- geringere Feuchte des Grünguts (leicht möglich)
 - geringer Durchsatz des Grünguts (leicht möglich)
 - geringerer Luftdurchsatz (schwerer möglich)
 - erhöhte Brennerleistung (schwerer möglich)
 - Anhäufung von Trockengut in der Trockentrommel
- änderten, stieg die Temperatur in der Trockentrommel soweit an, daß sich das gröbere Trockengut darin entzündete. Der weitere Havarieverlauf war dem von Havarie I weitgehend gleich.

2.3. Vergleichende Betrachtung beider Havarien

Beide Havarien sind nach Ursache und Auswirkung vergleichbar:

In beiden Fällen stieg die Temperatur in der Trockentrommel soweit, daß sich das grobe Trockengut entzündete, (besonders zündfreudig sind die übertrockneten Anbackungen), weil der Mengenstrom an verdampfbarem Wasser zu weit absank, d. h., zu wenig Wärme aus den Abgasen der nicht mehr kleiner zu stellenden Brennerflamme als Verdampfungswärme gehunden wurde. Im Falle des feuchteren Körnermaises war dazu eine relativ starke Unterbrechung in der Grüngutzufuhr nötig, während es bei dem viel trockeneren gelbreifen Getreide bereits durch zufällige Betriebsschwankungen zu dieser Erscheinung kam. Die brennenden Teile wurden in den Zyklon getragen, wo sich betriebsmäßig bis auf zündfähige Konzentrationen angereicherte Staub/Luft-Wolken (oberhalb 50 g/m^3 als grober Richtwert) befinden. Diese wurden zu Staubexplosionen mit den o. g. Folgen entzündet.

2.4. Brand- und explosionsschutztechnische Beurteilung des Trockners M 804

Aus der Beurteilung der Konstruktion und Funktionsweise des Trockners ergibt sich eindeutig, daß dieser keine Schutzgüte hinsichtlich Trockengutbrände und -staubexplosionen hat, weil

- in der Trockentrommel Brände und im Trockengutzyklon sowie in der Mahl-, Pelletier- und Abfüllanlage Brände bzw. Staubexplosionen entstehen können
- im Zusammenhang damit die Entzündungsmöglichkeit viel zu groß ist, denn die Temperatur am Trockentrommelausgang wird weder automatisch so geregelt, daß Entzündung des Trockenguts mit ausreichender Sicherheit vermieden wird, noch so überwacht, daß bei Überschreiten einer kritischen Temperatur ein Warnsignal gegeben wird
- der Trockner und seine Umgebung völlig unzureichend gegen Auswirkungen von Bränden und Staubexplosionen im Trockner geschützt sind, d. h.
 - die Druckentlastungsvorrichtungen sind nicht dauerhaft funktionstüchtig konstruiert und gebaut, zu knapp bemessen und nicht an allen nötigen Stellen eingebaut
 - die rechteckigen Kanäle zum und vom Trockenzyklon reißen zu leicht auf
 - es fehlen automatische Brandalarmschalter
 - der Trockner besitzt für den Brandfall keine Notabschaltung
- Brände und Explosionen im Trockner — auch gemäß Angaben des Herstellers — nur durch sorgfältige und sachkundige Trocknerführung vermieden werden können, was im krassen Widerspruch zur ASAO 3/1, Schutzgüte der Arbeitsmittel und Arbeitsverfahren steht
- durch den Trockner auch in der Betriebsstätte (im Sinn von ABAO 31/2 § 2 zu verstehen) Staubexplosionen entstehen können, denn
 - der Trockner hat mehrere Staubaustrittsstellen (z. B. an der Abfüllung), die nicht örtlich abgesaugt werden, wodurch Trockengutstaub in die Betriebsstätte gelangt

und in Verbindung mit den zahlreich vorhandenen Staubablagerungsmöglichkeiten Staubexplosionsgefahr in der Betriebsstätte entsteht

- der Trockner hat viele heiße Flächen, auf denen sich der Trockengutstaub bei längerer Lagerung entzünden kann; durch Aufwirbelung brennender Staubschichten entstehen erfahrungsgemäß leicht Staubexplosionen
- der Trockner kann in ungünstigen Fällen zündfähige Staub/Luft-Wolken mit Primär- und Sekundärluft in die Flamme ziehen, was zur Rückzündung in die Betriebsstätte hinein führen kann
- bei Bränden und vor allem bei Staubexplosionen im Trockner Menschen sehr stark bedroht sind und jedesmal erhebliche Sachschäden durch Anlagenbeschädigung, Produktionsausfall und Trockengutverlust entstehen; das gilt in verstärktem Maße dann, wenn die Explosion in die Betriebsstätte schlägt, dort abgelagerten Staub aufwirbelt und zu einer Folgestaubexplosion entzündet.

3. Brand- und explosionsschutztechnische Konsequenzen

Aus dem vorigen Abschnitt folgt zwingend die Notwendigkeit.

- schon laufende Trockner so umzurüsten, daß sie Schutzgüte gegen Brände und Staubexplosionen durch Trockengut erhalten
- beim Import von Neuanlagen in die dabei zu berücksichtigenden Forderungen der ABAO 4, Schutzgüte bei Importen und Lizenzen, auch die Belange des Brand- und Staubexplosionsschutzes ausreichend einzubeziehen.

Zur Realisierung dieser Forderungen werden zusätzlich zu den notwendigen Maßnahmen des Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutzes folgende spezielle Schutzmaßnahmen empfohlen:

- Festlegung der maximal zulässigen Temperatur am Ausgang der Trockentrommel für jedes in Frage kommende zu trocknende Gut; diese Temperatur darf nicht mehr als 80 Prozent der tiefsten Temperatur betragen, bei der sich das lagernde Trockengut entzündet.
- Diese Temperatur ist am Thermometer am Trommelausgang einzustellen.
- Bei Überschreiten dieser Temperatur muß selbsttätig ein Warnsignal ausgelöst und die Brennstoffzufuhr ausreichend gedrosselt bzw. abgestellt werden.
- Die gesamte Anlage ist mit ausreichend dimensionierten und funktionssicheren Druckentlastungsvorrichtungen an folgenden Stellen zu versehen:
 - Ausgang Ofen
 - Ausgangsstutzen der Trockentrommel
 - Kopf des Trockengutzyklons
 - Kopf des Mahlgutzyklons
- Die Druckentlastungsvorrichtung sollte aus einer Klappe (Öffnungsdruck 1,01 bis 1,1 at) direkt am zu entlastenden Aggregat und einem darauf dicht aufgesetzten geraden Schlot mit doppelter Querschnittsfläche, der über Dach führt, bestehen. Der Schlot muß durch eine Haube, die die Ausströmung im Explosionsfall nur unwesentlich behindert (z. B. leicht abwerfbare Haube, die mit Fangband gesichert ist), gegen Eindringen von Niederschlägen gesichert sein.
- Der Trockner soll an den Staubaustrittsstellen abgedichtet oder mit ausreichenden örtlichen Absaugungen mit einem getrennten, gegen Staubexplosionen gesicherten Absaugsystem versehen werden.
- In der Betriebsstätte — im Sinne von ABAO 31/2, § 2 gebraucht — ist Staubansammlung (vor allem im Trocknerbereich) sofort zu beseitigen.
- Die Betriebsstätte ist als staubexplosionsgefährdet gemäß ABAO 31/2 zu erklären und so klein wie technisch noch sinnvoll zu halten, soweit nicht durch örtliche Absaugung bzw. ausreichende Reinigung gewährleistet wird, daß die Betriebsstätte ständig frei von Staubablagerungen über 1 mm Dicke ist.

- In der Trockenguttrommel sind kohlige Ansätze in angemessenen Abständen zu beseitigen.
- Es ist eine nach einheitlichen Gesichtspunkten geordnete Betriebsvorschrift zu erarbeiten und deren Befolgung durchzusetzen. Diese Betriebsvorschrift muß auch alle notwendigen Festlegungen bezüglich Brand- und Staubexplosionsschutz enthalten.
- Es ist ein Antihavariplan aufzustellen und ausreichendes Antihavarietraining durchzuführen.
- Betriebsvorschrift, Antihavariplan und -training sind auch mit der örtlichen Feuerwehr abzustimmen.
- In der Anlage sind nur geeignete, sowie hinreichend und regelmäßig bezüglich Betriebsvorschrift, Antihavarietraining und einschlägige Arbeitsschutzvorschriften unterwiesene Werk-tätige zu beschäftigen.
- Einbau eines geeigneten Brandmelders, der
 - Berieselung der brandführenden Apparate
 - Alarmanlage
 - Notabschaltung
 auslöst.
- Anstelle der Kanäle zum und vom Zyklon sind Rohre einzubauen.

- Schaffung bequemer Möglichkeiten zur Kontrolle und Beseitigung verkohlter Ansätze.
- Trockner sind auf eine Druckstoßfestigkeit von wenigstens
 - 1,2 at bis zum Trockentrommelausgang
 - 1,5 at ab Trockentrommelausgang, einschließlich Mahl-, Pelletier- und Abfüllteil auszulegen.
- Trockner so gestalten, daß auf betriebsmäßig heißen Teilen sich möglichst wenig Staub ablagern kann.
- Primär- und Sekundärluftansaugung so auslegen, daß kein brennbares Material, insbesondere kein Trockengutstaub, in den Ofen gezogen werden kann.

Die Schutzmaßnahmen bis „Einstellung geeigneter Werk-tätiger“ sind Sofortmaßnahmen, um bestehende Anlagen mit noch vertretbarem Risiko betreiben zu können. Wenn der Trockner hinsichtlich Brände und Staubexplosionen durch Trockengut volle Schutzgüte haben soll, müssen auch die übrigen vorgenannten Schutzmaßnahmen realisiert sein.

Die in dieser Arbeit vorgetragenen Gedanken gelten zunächst nur für den Trockner M 804. Sie können sinngemäß auch zur explosionsschutztechnischen Überprüfung anderer, vor allem direkt befeuerter Trockner, Anwendung finden.

A 9777

Agglomerationsverhalten von Getreideganzpflanzen

Prof. Dr.-Ing. H. Krug, KDT / Dr.-Ing. W. Naundorf, KDT, Bergakademie Freiberg, Sektion Verfahrenstechnik und Silikatechnik

Nachdem über die Untersuchungsergebnisse zur Verpressung von getrockneten Zuckerrübenschnitzeln sowie von Schweine- und Rindermastfuttern /1/ /2/ /3/ bereits berichtet wurde, sollen hier die bei der Agglomeration von Getreidepflanzen gesammelten Erfahrungen dargelegt werden.

Für die Untersuchungen stellte der Auftraggeber die Ganzpflanzen Weizen, Gerste (grün) und Gerste (reif) gehäckselt mit Halmlängen bis etwa 60 mm zur Verfügung. Nach den bisherigen Erfahrungen bei der Agglomeration von Rindermastfutter /3/ wäre aus verfahrenstechnischer Sicht für das Verpressen eine Zerkleinerung der Ganzpflanzen auf Halmlängen zwischen 5/0 mm bis maximal 10/0 mm erstrebenswert.

1. Festlegung der Mahleinheit der Getreideganzpflanzen

Die Besonderheit der gehäckselten Ganzpflanzen besteht darin, daß sie ihren natürlichen Körneranteil nahezu unzerkleinert enthalten. Es ist deshalb im Hinblick auf die Verwertung der Körner im Tiermagen sowie für die Ausnutzung der Bindekräfte der Kornsubstanz bei der Brikettierung von besonderem Interesse, bei welcher Feinheit des Stroh auch die Körner genügend zerkleinert sind, da diese beiden Stoffkomponenten der Ganzpflanzen ein grundlegend unterschiedliches Zerkleinerungsverhalten besitzen.

Die Testversuche wurden mit einer Laborschlagmühle durchgeführt. Nach der Zerkleinerung der Ganzpflanzen wurde das Stroh von der Körnermasse durch Sichtung getrennt, um die Wechselwirkung zwischen der Feinheit der Halmsubstanz und der der Körner feststellen zu können. Für die Ganzpflanze Weizen sind die Ergebnisse in den Bildern 1a, 1b und 1c dargestellt.

Mit der Feinheit der Zerkleinerungsstufe 1 (Bild 1a) wurde das Gut vom Auftraggeber gehäckselt mit einer maximalen Halmlänge von etwa 60 mm angeliefert. Eine spürbare Zerkleinerung der Körner hat hier noch nicht stattgefunden. Bei den Zerkleinerungsstufen 2 wurde das Stroh auf eine Halmlänge von etwa 10/0 mm zerkleinert, während bei der Stufe 3 das Stroh mehlig zerpulvert war. Hiernach ist es also ohne Schwierigkeiten möglich, die Halmkomponente der Ganzpflanzen auf sehr hohe Feinheiten zu zerkleinern.

Vergleicht man jedoch dazu den Aufschlußeffect der Körner, so ist ab der Zerkleinerungsstufe 2 keine weitere Zunahme der Feinheit der Körnersubstanz mehr feststellbar. Das liegt darin begründet, daß die kleinen und spezifisch schwereren Körner den Mahlraum schneller als das Stroh verlassen und demzufolge nur einer begrenzten Anzahl von Schlägen durch die Mahlgänge ausgesetzt sind. Für die Verpressung von Getreideganzpflanzen ergibt sich hieraus die Schlußfolgerung, daß das Gut auf etwa die Feinheit der Stufe 2 zerkleinert werden sollte, um das Bindevermögen des Körneranteils bei der Verpressung zufriedenstellend zu nutzen. Diese Feinheit ist auch aus preßtechnischer Sicht vorteilhaft. Für alle nachfolgend beschriebenen Brikettversuche wurden deshalb die Ganzpflanzen auf 10/0 mm zerkleinert.

2. Verpressung ohne gesonderte Bindemittel

Bei den Versuchen auf der hydraulisch betriebenen Stempel- presse mit geschlossener Form wurde der Anteil der Ganzpflanzen am Brikettiergut zwischen 74 und 86 Prozent variiert. Da die restlichen Bestandteile (Tafel 1) zur Standardmischung des Futters gehören, sollen sie nicht als gesonderte Bindemittel betrachtet werden, obwohl sie selbstverständlich größtenteils eine Bindemittelfunktion bei der Verpressung übernehmen. Entgegen den aus den bisherigen Erfahrungen abgeleiteten Erwartungen konnten trotz ausreichender Bedampfung und Erwärmung des Brikettierguts selbst bei Preßdrücken bis 400 kp/cm² ohne Bindemittel keine befriedigend festen Formlinge hergestellt werden. Einigermaßen ausreichende Festigkeitswerte wurden allenfalls bei der Ganzpflanze Weizen erzielt. Für die zwei Proben der Ganzpflanze Gerste war die Qualität der Preßlinge sogar sehr schlecht. Es ist deshalb unabdingbar, gegenüber den beim Rindermastfutter /3/ zum Erfolg führenden Parametern weitere Effekte zu nutzen, um zusätzliche Bindekräfte zu mobilisieren.

Außer dem Vergleich zwischen dem Brikettierverhalten von Getreideganzpflanzen und völlig ausgereiftem Stroh interessiert auch der Einfluß des Reifegrades der Getreideganzpflanzen auf die Qualität der daraus hergestellten Formlinge. Es konnte festgestellt werden, daß der bislang aufgezeigte