



Selbstentzündung von Heu

Im Rahmen des Fünfjahresplanes fällt unserer Landwirtschaft die Aufgabe zu, eine Steigerung der Ernteerträge und der Viehzucht über den Friedensstand hinaus zu erreichen. Das erfordert die Abspannung aller Kräfte. Jährlich geben der Landwirtschaft durch Selbstentzündung von feuchtem Heu unersetzliche Futtermittelvorräte und die zur Lagerung dienenden Scheunen verloren. Die Ursachen, die zu einer Selbstentzündung führen, sind noch nicht endgültig geklärt. Der Aufsatz versucht aber, mit den wesentlichsten Grundlagen und Merkmalen der Selbstentzündung und den zu ergreifenden vorbeugenden Maßnahmen vertraut zu machen.

Wie geht die Selbstentzündung vor sich?

Ähnlich wie beim menschlichen und tierischen Körper ist auch der Ablauf der pflanzlichen Lebensvorgänge mit Wärmebildung verbunden. Infolge der Trocknung des gemähten Grasses tritt ein Wasserverlust ein, durch den der größte Teil der Pflanzenzellen zugrunde geht. Nur die restlichen erhalten gebliebenen Zellen atmen weiter und geben dabei Wärme ab.

nächst eine Temperatur von 75 Grad Celsius im Heuhaufen hervorgerufen, sind ausgeschaltet. Die Temperatur müßte sich jetzt auf 75 Grad Celsius halten und dann infolge langsam einsetzender Abkühlung wieder abfallen. Die Erfahrung zeigt aber das Gegenteil. Die Temperatur steigt oft sprunghaft auf 300 bis 350 Grad Celsius.

Die Ursachen der sprunghaften Wärmeentwicklung sind noch nicht geklärt. Nach dem bisherigen Stand der biologischen Erkenntnisse will man Kleinlebewesen nicht allein dafür verantwortlich machen, es sei denn, es handelt sich hier um eine bisher noch nicht bekannte Art von Mikroorganismen.

Vielleicht neigt man aber auch zu der Ansicht, daß hier chemische Vorgänge vorliegen, vielleicht eine Kettenreaktion mit exothermen Effekt, d. h., die Bildung eines Stoffes bei einer bestimmten Temperatur, der sich unter starker Wärmeabgabe in einen anderen Stoff umsetzt und dann wiederum eine exotherme Stoffumbildung auslöst, bis die angegebenen Temperaturen erreicht sind. Es gibt allerdings auch Wissenschaftler, die eine Mitwirkung wärmeabgebender (sogenannter thermophiler)



Merkmale der Brandgefahr

Feuchte, stockige Heufallen, Gerichte, Häute und Brandgeruch

Erwärmung, dampf- und rauchig

Kinastken Oberflächensicht

Stückung von Fladen, Wärmeausstrahlung und Glimmstellen im Innern des Stacks

Diese Wärmezeugung beruht auf chemischen Vorgängen in der Pflanzenzelle, ähnlich wie im menschlichen Körper, in dem bestimmte Nährstoffe „veratmet“ werden (Stickstoffverb.). Ständig ist die Wärme...

# Selbstentzündung von Erntegut

Die Selbstentzündung von zellulosehaltigen Stoffen (Erntegut, Futtermitteln etc.) – „Heuselbstentzündung“ – ist wohl die am längsten bekannte biologisch bzw. chemisch bedingte Brandursache als Folge eines langsam ablaufenden, mehrstufigen Selbsterhitzungsprozesses. Im Gegensatz zu früheren Zeiten hat heute die Einlagerung von Heu als Winterfutter für die Tierhaltung eine immer geringere Bedeutung. Heute werden Silagen (Gras- und Maissilagen) und Strukturfutter bevorzugt. Einen Schwerpunkt bilden noch landwirtschaftliche Betriebe von Hobby-/Neben-erwerbslandwirten und Pferdezüchtern.

Und ebenfalls in diesen Bereichen haben sich in den letzten Jahrzehnten die Gefahren der Selbstentzündung erhöht. Die Wiesen werden intensiver gedüngt, die maschinelle Ernte bringt es mit sich, dass auch feuchte Bodenteile und ungenügend getrocknete Gräser in das Erntegutlager gelangen. Das Einbringen der Ernte mit modernen Maschinen in sehr kurzer Zeit und das stark verdichtende Füllen der Heulager mit Gebläse und Heuverteileren erhöhen die beschriebenen Gefahren. Auch die Lagerung des Heus in Ballenform bringt Hitzestaus und die Gefahr einer Selbstentzündung mit sich. Insbesondere dann, wenn es in einem derartigen Pressballen unter Druck anfängt zu modern und zu schimmeln. Bei stichprobenartigen Temperaturmessungen an eingelagerten Heuballen ergaben sich in den Ballen Werte von 85 bis 95 °C. Heuballen mit 95 °C wurden anschließend auseinandergenommen, wobei bereits Verkohlungen im Kernbereich vorgefunden wurden.

**Experten empfehlen:** Heugroßballen – egal ob Rund- oder Rechteckballen – im Freien oder unter einer Überdachung bzw. in kühler Umgebung lagern und dabei die Stapelhöhen beachten.

Jeder Landwirt hatte früher schon einmal festgestellt, wie sich z. B. der Heustock in den Wochen nach der Einlagerung auch bei vermeintlich noch so trockenem Heu erwärmen kann. Dabei geschieht die Hitzentwicklung im Heustock durch Bakterien, die von den Nährstoffen des Ernteguts und von der Feuchtigkeit leben. Die Bakterien sterben erst dann ab, wenn die Feuchtigkeit im Material stark abgesunken ist. In der Endphase wachsen dann noch verschiedene Arten von Schimmelpilzen, deren Wachstum erst bei einer

Restfeuchte von ca. 10 % aufhört. Grundsätzlich kann sich nicht nur Heu durch mikrobiologische Selbsterhitzung entzünden, sondern auch andere eingelagerte organische Stoffe, die wegen ihres Feuchtigkeitsgehalts und Nährstoffangebots ein ideales Nährmedium für thermophile Mikroorganismen darstellen: Stroh, Klee, Baumwolle, Saatgut, Blatt- und Krautdrogen, Getreide usw.

**Voraussetzungen und Merkmale**

Für die Einleitung einer Selbsterhitzung und im Folgenden einer Selbstentzündung im Erntegut werden stets vier Einflussgrößen genannt:

■ **Feuchtigkeitsgehalt über 20 % (20 bis 40 %)**

Die Feuchtigkeit ist ein limitierender Faktor für mikrobielle Stoffwechsellaktivitäten. Eine zu hohe Feuchtigkeit (Nässe) vermindert das Risiko (z. B. Silage, Komposthaufen). Besonders nur oberflächlich getrocknetes Heu weist im Inneren der Stängel und in den Knoten der Pflanzen einen hohen Restfeuchtigkeitsgehalt auf. Nach der Einlagerung kommt es dann zu einem Feuchtigkeitsausgleich im Stapel. Undichte Dächer und nicht dicht schließende Tore können zu einer nachträglichen Durchfeuchtung schon getrockneten Ernteguts führen. Dies hat ebenfalls die Aktivierung von Mikroorganismen zur Folge und kann zur Selbstentzündung führen. Stroh neigt ebenfalls zur Selbsterwärmung. Das betrifft vor allem feuchte Partien und wenn es mit Unterwuchs (Grasanteilen) durchsetzt ist. Und vor allem in Wiesenheu sind häufig Temperaturerhöhungen durch den natürlichen Schwitzprozess zu beobachten.

■ **Ein ausreichender Gehalt an Nährstoffen, insbesondere von Stickstoffverbindungen und Kohlehydraten**

Heu hat höhere Nährstoffgehalte als z. B. Stroh. Entscheidend ist dabei auch der Einfluss des Düngers.

Stickstoffdünger führt im Erntegut zu einem hohen Eiweißgehalt. Das ist für Futterzwecke beabsichtigt, bereitet jedoch auch den meso- und thermophilen Bakterien einen guten Nährboden. Futtermittel von alkalischen und sandigen Böden neigen mehr zur Selbsterhitzung als Heu von sauren Böden (pH-Wert).

■ **Der Wärmestau durch Temperaturisolierung**

Besonders bei großen Lagern, die an mehreren Seiten direkt an massive Wände grenzen, besteht

**Bereits im ersten Heft „Unser Brandschutz“ von 1951 war die Selbstentzündung von Heu Thema eines ausführlichen Artikels. Der Prozess der Selbstentzündung ist inzwischen ausreichend untersucht und die Schutzmaßnahmen bekannt. Trotzdem kommt es jedes Jahr wieder aufgrund der „falschen“ Lagerung von Erntegut und Futtermitteln zu größeren Bränden.**

Der Beitrag ist eine gekürzte Zusammenfassung der Inhalte der Unterrichtseinheit „Biologische Selbstentzündung“ des Moduls „Brandermittlungen in der Landwirtschaft“ im dreiwöchigen Zertifikatslehrgang „Brandursachenermittlung“ an der Landespolizeischule/Fachhochschule für öffentliche Verwaltung – Fachbereich Polizei – des Landes Rheinland-Pfalz.

das erhöhte Risiko eines Wärmestaus. Eine kritische Grenze erreichen kompakte Stapel über 30 m<sup>3</sup>.

Auch die Dichte der Lagerung z. B. von Pressballen in hohen Stapeln (Stapelhöhe über 5 m) und die Verdichtung des Feinguts an Abwurfstellen von Heugebläse stellen ein erhöhtes Risiko dar. Bei gehäckseltem Heu spielt auch die Kürze der Schnittlänge eine Rolle. Ein Vorteil der Rundballenlagerung sind die zwischen den Ballen entstehenden Lücken.

### ■ Die Pflanzenalterung

Die Verholzung der Pflanzen verhindert deren Verdichtung im Lager.

## Selbsterwärmung – Selbsterhitzung – Selbstentzündung

Eine Selbstentzündung von Heu oder anderen Futtermitteln erfolgt nicht schlagartig (*siehe Grafik*). Bis zur Selbstentzündung hin vollzieht sich im gelagerten Erntegut in mehreren Stufen eine Umwandlung. Jeder Selbstentzündung gehen eine Selbsterwärmung und eine Selbsterhitzung voraus. Erwärmungen treten im normalen „Schwitzprozess“ des Heus oder anderer Erntegüter auf, ohne dass es zu einer Entzündung und damit zu einem Brand kommt.

Im Allgemeinen klingen Stapelinnentemperaturen von ca. 10 °C bis maximal 45 °C ohne Schaden zu verursachen ab. Dieses ist aus Messreihen in Erntegutstapeln von Versicherern ersichtlich.

Durch Vermehrung, Zellatmung und Stoffwechselprozesse mesophiler und thermophiler aerober Mikroorganismen kommt es in Stapelbereichen zu Temperaturerhöhungen, wenn die genannten Voraussetzungen erfüllt sind. Die verschiedenen Phasen der Selbsterwärmung, Selbsterhitzung und Selbstentzündung sind:

### I. Selbsterwärmung – die allgemeine biologische Phase von ca. 10 bis 40 °C

An der Wärmeentwicklung sind u. a. physiologisch noch lebende Pflanzenteilchen, Protozoen, Algen, Flechten und die mesophilen Mikroorganismen als normale Mikroflora im Heu beteiligt.

### II. Die mikrobielle Phase von ca. 40 bis 75 °C

An der Wärmeentwicklung sind leistungsfähige thermotolerante und thermophile Pilze und Bakterien des Heus beteiligt.

### III. Die thermophile Zersetzungsphase von ca. 55 bis 85 °C

An der Wärmeentwicklung sind aerobe thermophile Bakterien und Actinomyceten beteiligt. Alle vegetativen Zellen werden zerstört.

Die Temperaturentwicklung zwischen 85 und 95 °C wird durch frei gewordene und in ihrer Aktivität reduzierte Enzyme zusammen mit den hier anfangenden rein chemischen Abbaureaktionen verursacht.

### IV. Die chemische Ruhephase von ca. 85 bis 115 °C

Durch die Fermentation und den Zerfall von Pektinen und Eiweiß wird die Stapelinnentemperatur im Wirkungsbereich auf 100 bis 130 °C erhöht. Che-

mische Reaktionen setzen innerhalb kürzester Zeit ein. Unter Luftabschluss kommt es zur Bildung pyrophorer Gase (Methan, Wasserstoff, Ethanol). Es kommt zur Maillard-Reaktion (Zucker und Aminosäuren).

In dieser Phase kann es zu einem Temperatursprung um 150 °C innerhalb von zwei bis drei Tagen auf ca. 250 °C kommen und eine autonome Zündung wird möglich. Das Material glimmt. Übergang zur V. Phase mit Rauchaustritt. Luft wird in das Erntegutlager gesaugt und es kann zur Entflammung kommen.

### V. Die pyrophore Gasphase von ca. 110 bis 265 °C

Es kommt zur explosionsartigen Entflammung. Übergang zu chemischen Reaktionen, wie Kondensation, Polymerisation und Oxydation, in der gebildeten porösen und sehr reaktionsaktiven Holzkohle. Die Vorgänge laufen zunächst im Mikrobereich ab, weiten sich jedoch bei günstigen Bedingungen zu größeren Bereichen aus – hier entsteht dann der Glimmbrand. Lokal wird dieser Bereich der Brandentstehung im Stapel als Glutkessel bezeichnet. Brandkanäle verlaufen von hier aus in Richtung der Stapeloberflächen. Das können auch die Seiten des Stapels sein.

Bei diesen Glimmbränden entstehen in den Brandkanälen Pyrolysegase, die zündfähig sind. Der Geruch von Röstheu begleitet diese Erscheinung. Temperaturerhöhung und Geruch sind die Merkmale einer über die Selbsterwärmung hinausgehenden Reaktion im Stapelinneren.

Beim Durchbruch eines Brandkanals an der Oberfläche kommt es in den meisten Fällen zur offenen Flamme. Die Zündung der vorgenannten Pyrolysegase führte vielfach zu einem dem Flash-over ähnlichen Erscheinungsbild, das mit einer Verpuffung einhergeht. Druckwirkungen sind die Folge.

**Jedoch nicht jede Selbsterhitzung führt zu einer Selbstentzündung!**

## Merkmale einer Selbsterhitzung und Selbstentzündung

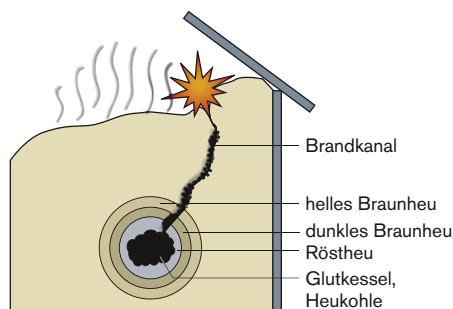
Neben den morphologischen, mikrobiologischen und chemischen Veränderungen im Inneren sind auch äußere Merkmale am Heustock erkennbar. An Stellen mit lokaler Verdichtung bilden sich, bedingt durch Abdestillation des Wassers bei 100 bis 120 °C, Fladen (dicht gepresstes, gepacktes Heu). Und durch die Fermentation im Inneren entstehen Geruchsveränderungen am Erntegutstapel. Das Erntegut nimmt dann den entfernten „brenzlichen“ Geruch von Bratäpfeln, Toastbrot und geröstetem Kaffee oder unter Umständen von Tabak an. In der Folge entwickeln sich die ersten Glutkessel und Brandkanäle, die sich in Richtung

**Oberflächendurchbrand:** An der Oberfläche des Lagerguts sind trichterförmige Vertiefungen erkennbar, Rauch steigt auf und ein „brenzlicher“ Geruch ist bemerkbar.

„Der Ungeduldige fährt das Heu nass ein!“

Wilhelm Busch

**Selbstentzündung:** Der Prozess der Selbstentzündung läuft im Innern der Heulager ab. Erst nach einer gewissen Zeit kommt es zum Durchbrand an die Oberfläche.



eines sauerstoffreicheren Mediums ausbreiten. Von außen sind trichterförmige Vertiefungen erkennbar. Entwickeln diese sich bis zur Oberfläche, kommt es vorerst zu einer sensorisch wahrnehmbaren Rauchentwicklung (stechender Röstgeruch), die ein „explosionsartiges“ Durchzünden der Schwelgase an der Oberfläche zur Folge haben.

**Entwicklungszeit einer Selbst-erwärmung bis zur Selbstentzündung**

Es kann bereits zwei bis drei Tage nach der Einlagerung zum Brand kommen. Die Mehrzahl der Selbstentzündungen tritt jedoch innerhalb von vier bis sechs (acht) Wochen nach der Einlagerung auf. Der erste kritische Keimzahlhöhepunkt wird im Zeitraum von zwei bis drei Wochen nach Lagerungsbeginn erreicht, wobei es zu Temperaturen von über 50 °C kommen kann, die den günstigsten Lebensraum für die thermophilen Mikroorganismen darstellen. Der zweite, zumeist etwas höhere Temperaturanstieg mit einem flacheren Verlauf erfolgt im Zeitraum zwischen sechs und zehn Wochen. Diese zwei kritischen Möglichkeiten der Lagerungsdauer spiegeln sich in der Praxis in der Anhäufung der sogenannten Früh- bzw. Spätselbstentzündung wieder. In der Literatur werden jedoch auch Selbstentzündungen nach 23 Wochen genannt.

Die Selbstentzündungen konzentrieren sich auf die Monate Juni und September/Oktober. Besonders nach Temperaturstürzen im Oktober, wo es durch Taupunktunterschreitungen im Erntegutstapel zu Feuchtekonzentrationen kommen kann, wurden Selbstentzündungen beobachtet.

Aber auch im Januar/Februar sind Selbstentzündungen von Erntegut und Futtermitteln noch möglich. Dabei sind undichte Dächer und Aufstockung der Erntegutvorräte durch zugekauftes Erntegut besondere Risikofaktoren.

**Selbstentzündung als nur eine Brandursache von vielen**

Die Selbstentzündung von Erntegut ist jedoch nur eine von zahlreichen anderen möglichen Brand-

ursachen in der Landwirtschaft. Stellvertretend sollen einige häufig auftretende genannt werden:

■ **Brandursache Dünger**

Wärmeentwicklung in Gegenwart von Wasser und bei Sonneneinstrahlung. Es ist auf eine getrennte Lagerung von Kalk und Mineraldüngern zu achten.

■ **Brandursache technischer Defekt**

Elektrische Anlagen und technische Einrichtungen insbesondere im Stall- und Scheunenbereich. An „Schildkrötlampen“ (Iso-Ovalleuchte), Glasschutz kann es durch Verschmutzungen zum Brand kommen. Auch durch zu dicht an den Lampen gelagertes Heu kann es zu einem Wärmestau und zur Entzündung kommen. In Hühnerställen werden junge Hühner häufig mit einer Stallheizung gewärmt. Dabei kann es, bei fehlender oder unregelmäßiger Wartung bzw. einem unvorschriftsmäßigen Abstand zum Einstreu, zu Bränden kommen.

■ **Brandursache feuergefährliche Arbeiten**

Bei Schweiß- und Flexarbeiten kann es, wenn z. B. Erntegut in Reichweite des Funkenflugs lagert, zu Bränden kommen.

■ **Brandursache Heugebläse**

Heugebläse dürfen nicht mit Verbrennungsmotoren angetrieben werden. Erntegut kann sich an dem heißen Auspuff oder durch Funkenflug entzünden. Außerdem besteht die Gefahr einer Staubexplosion.

■ **Brandursache Warmluftgeneratoren**

Wenn diese nicht brandsicher aufgestellt wurden.

■ **Brandursache Blitzschlag**

■ **Brandursache Brandstiftung**

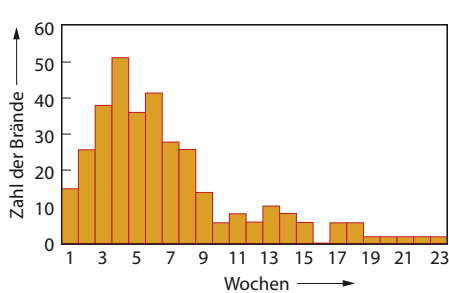
Besonders mit Feuer spielende Kinder oder Serienbrandstifter (z. B. zündelnde Feuerwehrmänner) zünden häufig insbesondere Heuballen, Strohlager und Scheunen an. ■

**Kennzeichen einer Heuselbstentzündung**

- Knallgeräusche von Explosionen,
- Geruchsentwicklungen ähnlich Kaffeeröstung,
- Gasdampfentwicklung (als Folge Stichflammen aus dem Erntegutstapel bei der Brandbekämpfung),
- Unruhe bei benachbart untergebrachten Haustieren und
- hohe Temperatur (mehr als 85 °C) auch in Nachbarzonen im Inneren eines Heustocks.

**Autor**

Frank D. Stolt  
Brandsachverständiger, Sicherheitsexperte, Polizeiwissenschaftler und Kriminologe



**Brandausbruch:**  
Es wurden zwar Brände bereits zwei bis drei Tage nach der Einlagerung dokumentiert. Zwischen einer und neun Wochen nach der Einlagerung sind jedoch die meisten Brände zu verzeichnen.

