

Heu-Selbst-entzündung

Voraussetzungen - Phasen - Verhütungsmaßnahmen

Grundlagen:
Yvonne Deleja-Hotko / Martina Haunschmied



INHALTSVERZEICHNIS

1. Geschichte	2
2. Phasen der Selbsterhitzung	3
3. Voraussetzungen für eine biologische Selbstentzündung	8
4. Merkmale einer Selbsterhitzung und Selbstentzündung	11
5. Verhütungsmaßnahmen	12
6. Brandursachenforschung	16
7. Quellenverzeichnis	20

1. Geschichte

Die Selbstentzündung von Futtermitteln ist, seit die Tierhaltung von Menschen praktiziert wird, bekannt. Die römischen Schriftsteller Columella 60 v.Chr. und Plinius 70 n. Chr. erkannten bereits die Gefahr:

“Das geschnittene Heu muß in der Sonne geklärt und nicht anders als trocken eingebracht werden. Wenn dies nicht sorgfältig beachtet wird, so wird am Morgen Nebel daraus aufsteigen, und bald wird es von der Sonne angezündet werden und verbrennen.” [1]



Bild 1.1: „Regeln für eine gute Heuernte“

Zur Jahrhundertwende (19. auf 20.) stellte Miede fest, dass beim Erhitzungsvorgang Mikroorganismen eine Rolle spielen [2]. Er prägte auch den Begriff der thermophilen (=“hitze liebend“) Bakterien .

In den folgenden Jahrzehnten lag das Hauptaugenmerk der Forscher (Rész) in enzymatisch gesteuerte chemische Prozesse.

Nach dem 2. Weltkrieg stellte Glathe fest, dass vorwiegend Mikroorganismen und andere Begleiterscheinungen, wie Feuchtigkeit, Nährstoffgehalt und Lagerungsdichte die Selbsterhitzung beeinflussen.

2. Phasen der Selbsterhitzung

Grundsätzlich können sich nicht nur Heu und Grummet auf Grund mikrobiologischer Selbsterhitzung entzünden, sondern auch eingelagerte organische Substanzen, die wegen ihres Feuchtigkeitsgehaltes und Nährstoffangebotes ein ideales Nährmedium für thermophile Mikroorganismen darstellen:

Stroh, Klee, Baumwolle, Saatgut, Blatt- und Krautdrogen, Getreide, Sägemehl, usw.

Wachstum der Mikroorganismen:

Das Wachstum der Mikroorganismen ist grundsätzlich an das Vorhandensein von Wasser mit einem bestimmten pH-Wert gebunden. Pilze gedeihen ab einem Wassergehalt von ca. 12 % und Bakterien benötigen mindestens 20 % Wasser im Substrat. Zum eigentlichen Wachstum sind Nährstoffe, wie Mineralstoffe und Vitamine notwendig. [3]

Für die Erhaltung des Stoffwechsels wird entweder Sauerstoff benötigt (aerob), nicht umgesetzt (anoerob) oder er wirkt sogar toxisch.

Je nach dem optimalen Temperaturbereich des Wachstums der Mikroorganismen teilt man diese wie folgt ein:

psychrophile („kälteliebend“)	5 bis 27°C
mesophile („wärmeliebend“)	20 bis 42°C
thermophile („hitze liebend“)	42 bis 70°C

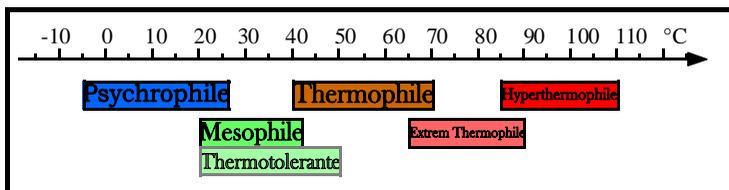
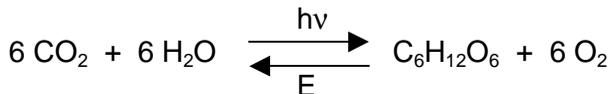


Bild 1.2: Grafische Darstellung der Wachstumstemperaturen von Mikroorganismen

Nach dem Verlauf der stattfindenden energiefreisetzenden Prozesse wird die weitere Einteilung nach der "Energiequelle" durchgeführt:

a) Phase der Wärmeerzeugung durch Pflanzenteile

Die Pflanzen decken ihren Energiebedarf durch den Abbau energiereicher Verbindungen (Zucker), die sie zuvor selbst durch die Photosynthese erzeugt haben. Kohlendioxid aus der Luft wird mit Wasser und der Energie der Sonne zu Traubenzucker und Sauerstoff umgesetzt. Bei der Zellatmung wird die Reaktion umgedreht, wobei ein Teil der freiwerdenden Energie in andere chemische Stoffe (Energieträger zB ATP) und Wärme umgewandelt wird [4]:



Katalysator: Chlorophyll

Die Zellatmung in Pflanzen, Mikroorganismen, Algen und Flechten findet einige Zeit auch noch in abgestorbenen Organismen statt.

b) Phase der Wärmeerzeugung durch Mikroorganismen

In der Phase der Zellatmung werden in erster Linie mesophile Mikroorganismen (20 - 40°C) aktiv. Durch die Dämmwirkung des Heus kommt es zu einer Erwärmung, welche als Wachstum thermotoleranter und thermophiler Mikroorganismen stark begünstigt. Die Mesophilen sterben ab bzw. versporen.

Durch die Aktivität der Thermophilen erhöht sich die Temperatur auf ca. 85°C, wo die ersten morphologischen Veränderungen im Heustock stattfinden (Verkohlung der Zucker und Nährstoffe). Diese Bildung von Braunheu bewirkt eine enorme Vergrößerung der spezifischen Oberfläche des Heus.



*Links: Grünheu
Vergleichsprobe*

*Mitte: Braunheu
Messtemperatur: 82 °C*

*Rechts: Braunheu
Messtemperatur: 103 °C*

Bild 1.3: Vergleich unterschiedlich thermisch beanspruchter Heuproben

c) Phase der Wärmeentwicklung durch biochemische und chemische Prozesse

Die in Phase 2 beginnenden Zersetzungsreaktionen setzen sich durch enzymatische Vorgänge fort (Cellulase, Cellobiase, Pektinase). Durch die exotherme Reaktion steigt die Temperatur auf 95°C und hält einige Zeit dieses Niveau.

Ab diesem Zeitpunkt kann entweder die weitere Reaktion abbrechen, da keine optimalen Bedingungen mehr vorliegen (Morphologie: fladenartige Verpackung; Färbung braun bis schwarz mit stechendem Geruch) oder die Reaktion produziert so viel Wärme, dass das Heu durch die Abdestillation des Wassers aufquillt und in Fladen zusammenfällt. An der Oberfläche sind in Folge dessen Einsenkungen erkennbar. Die Temperatur bleibt durch die Destillation kurze Zeit bei 100°C konstant.

Ab 110°C setzt die "pyrophore Gasphase" begünstigt durch anorganische Katalysatoren ein (Spurenelemente des Bodens). Die folgenden Reaktionen sind stark exotherm und bewirken einen raschen Temperaturanstieg auf ca. 250°C. Ist das Sauerstoffangebot groß genug (Fortschreiten der Brandkanäle bis an die Oberfläche) kommt es zur oberflächlichen Brandausbreitung, welche verpuffungsartig fortschreiten kann.

Innerhalb der ersten 24 Stunden kommt es bei jedem Heustock zu einer Temperaturerhöhung auf 40 - 55°C. Je nach vorhandenem Wassergehalt sinkt die Temperatur bei trockenem Heu mangels eines Nährmediums für das Wachstum der Mikroorganismen im Zeitraum weniger Tage wieder ab. Bei nassem Heu initiiert der erste Temperaturanstieg die Vermehrung der mesophilen, und im Anschluss daran, der thermophilen Mikroorganismen. Jede Selbsterhitzung birgt die Gefahr einer Selbstentzündung, doch sollte nicht nur aus Gründen der Brandverhütung eine Selbsterhitzung vermieden werden. Durch die Aktivität der Mikroorganismen verringert sich der Nährstoffgehalt und somit der Nährwert des Heus drastisch. Durch die Mikroorganismen entstehen auch toxische Nebenprodukte (Mycotoxine), welche auch für das Vieh gesundheitliche Folgen haben können.

Die Zeitspanne der Selbstentzündung schwankt sehr, liegt jedoch im Durchschnitt bei 4 Wochen. Die Neigung zur Selbstentzündung ist nach ca. 8 bis 10 Wochen weitgehend abgeklungen.

I. DIE ALLGEMEINE BIOLOGISCHE PHASE VON CA. 10° BIS 40°C [5]

An der Wärmeentwicklung sind ua. beteiligt: physiologisch noch lebende Pflanzenteile, Protozoen, Algen, Flechten und die mesophilen Mikroorganismen als normale Mikroflora im Heu.

II. DIE MIKROBIOLOGISCHE PHASE VON CA. 40° BIS 75°C

An der Wärmeentwicklung sind hier beteiligt: leistungsfähige thermotolerante und thermophile Pilze und Bakterien des Heues.

III. DIE THERMOPHILE ZERSETZUNGSPHASE VON CA. 55° BIS 85°C

An der Wärmeentwicklung sind hier beteiligt: aerobe, thermophile Bakterien und Actinomyceten.

Diese Phase, in der die meisten und wichtigsten Zersetzungsvorgänge ablaufen, bewegt sich zwischen ca. 55° und 85°C, wo alle vegetativen Zellen zerstört werden. Die Temperaturentwicklung zwischen 85° und 95°C (IIIa) wird durch freigewordene und in ihrer Aktivität reduzierte Enzyme, zusammen mit den hier angefangenen rein chemischen Abbaureaktionen verursacht.

IV. DIE CHEMISCHE RUHEPHASE VON CA. 85° BIS 115°C

V. DIE PYROPHORE GASPHESE VON CA. 110° BIS 265°C

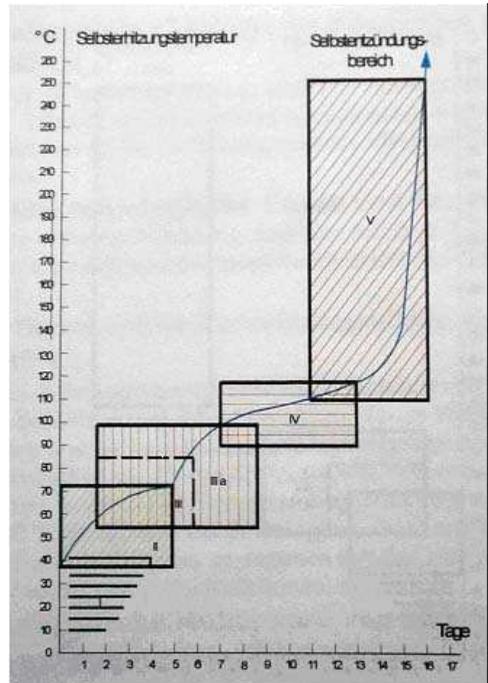


Bild 1.4: Grafische Veranschaulichung der Phasen der Selbsterhitzung

3. Voraussetzungen für eine biologische Selbstentzündung [6]

a) Wassergehalt

Der Wassergehalt ergibt sich indirekt durch den Trocknungsgrad des Heus. Die wärmeerzeugenden Fermentationsprozesse setzen einen genügend hohen Wassergehalt voraus. Bei einer Restfeuchte von < 20 % kann eine Selbstentzündung nahezu ausgeschlossen werden.

Der Wassergehalt hat auf die Gärung des Heus den größten Einfluß. Ab 25 % Feuchte zeigt sich bereits eine deutliche Übergärungsneigung. Bei mehr als 40 % Wasser ist kein sehr hoher Temperaturanstieg zu erwarten, da bereits eine Humifizierung einsetzt. Das Heu wäre dadurch nicht mehr zur Fütterung geeignet.

Das Verfahren der Trocknung ist ebenfalls von Bedeutung. Bei Bodentrocknung ist, durch den bei der maschinellen Einbringung mitgerissenen Bodenanteil, die Keimzahl im Heu wesentlich höher als bei Gerüsttrocknung. Die Resultate von Bodentrocknung, Gerüsttrocknung und Trocknungsanlage sind ebenfalls sehr unterschiedlich.

Wassergehalt am Anfang	%	17,7	25,6	30	39,7
Futtermgewicht am Anfang	kg	4080	4580	6435	8076
Maximaltemperatur	°C	42	68	81	60
Halbtemperaturwert	Tage	10	50	165	340
Trockensubstanzverlust	%	5	12	14	8*

Tabelle 1.5: Einfluss des Wassergehaltes auf die Erhitzung von Heu

„Im Laufe der Jahre 1937 bis 1949 wurden in der Schweiz durch Prof. Pallmann eine Reihe von Übergärungsversuchen durchgeführt. Zur Verfügung standen vier Versuchshütten von je 58 m³ Inhalt. Je nach dem Wassergehalt und der Sparrigkeit des Futters konnte in jede Hütte etwa 3000 bis 8000 kg Heu eingelagert werden. Der Temperaturverlauf jedes Versuchsstockes wurde durch eingebaute Thermoelmente gemessen.“[6]

* Nach Angabe der Quelle handelt es sich hierbei um einen Messwertfehler

Zustand des Grases bzw. Heus	Wassergehalt
Frisch geschnitten	70 bis 80%
Blätter welken, Stengel noch grün	50 bis 70%
Blätter noch weich, Stengel welken	40 bis 50%
Blätter rascheln bei Berührung, Stengel noch zäh, Farbe einheitlich-leichte Brökelverluste	30 bis 40%
Blätter trocknen, bei Nagelprobe noch Saftaustritt aus Stengel, stärkerer Brökelverlust	25 bis 30%
Stengel noch weich, kein Saftaustritt mehr, große Brökelverluste	20 bis 25%
Stengel bricht	unter 20%
vollkommen trocken, totes Heu (wie Stroh)	unter 14%

Tabelle 1.6: optische Beurteilungskriterien des Trocknungsgrades von Heu

b) Größe und Art des Stapels sowie Dichte der Lagerung

Die Intensität des Gärvorganges wird indirekt durch die Größe und die Dichte des Stapels bedingt, da die Wärme- und Feuchtigkeitsableitung von entscheidender Bedeutung ist. Hierbei sind die Größe des Stapels, die Entfernung zur Außenluft sowie lokale Verdichtungsstellen von Einfluss. Die Verdichtung ist abhängig von der Stapelhöhe, der Art der Pflanzen und deren Vegetations- und Feuchtigkeitszustand, die Einbringungsart: Heuaufzüge, Heugreifer, Fördergebläse oder absichtliche Presstechniken (zB Heuballen) und bei gehäckseltem Heu die Kürze der Schnittlänge.

c) Nährstoffgehalt

Die Güte des Nährbodens für die Mikroorganismen und dadurch bedingt die Neigung zur Selbsterhitzung ist zum Einen von der Intensität der Düngung (hauptsächlich Stickstoff), der Bodenzusammensetzung (Spurenelemente) und der eigentlichen botanischen Zusammensetzung sowie des Verholzungsgrades des Heus abhängig.

Futtermittel von alkalischen und sandigen Böden neigen mehr zur Selbsterhitzung als Heu von sauren Böden (pH-Wert).

Heusorte		Klee	Luzerne	Naturwiese
Wassergehalt am Anfang	%	30,4	29,5	29,1
Futtermgewicht am Anfang	kg	4708	4349	3983
Maximaltemperatur	°C	62	56	50
Halbtemperaturwert	Tage	77	30	41
Trockensubstanzverlust	%	7	2	0

Tabelle 1.7: Temperaturen unterschiedlicher Heuarten

Das Heu von der Naturwiese wies eine normale Gärung auf, während der Klee bedingt durch den höheren Stickstoffgehalt eine deutliche Übergärung zeigte. Das Luzernenheu stellte bei dieser Versuchsreihe einen Mittelwert dar.

Gras, welches zu spät geerntet wurde (überständig), erhitzt sich bei optimalen Bedingungen auch. Die relative Häufigkeit ist jedoch geringer, da auf der Wiese das Futter durch den höheren Verholungsgrad leichter trocknet. Nach einer Selbsterhitzung kühlt es auch schneller ab. Bei gleichen Wassergehalten verschimmelt es leichter, da die Entwicklung der Pilzflora und Sporenproduktion begünstigt ist.

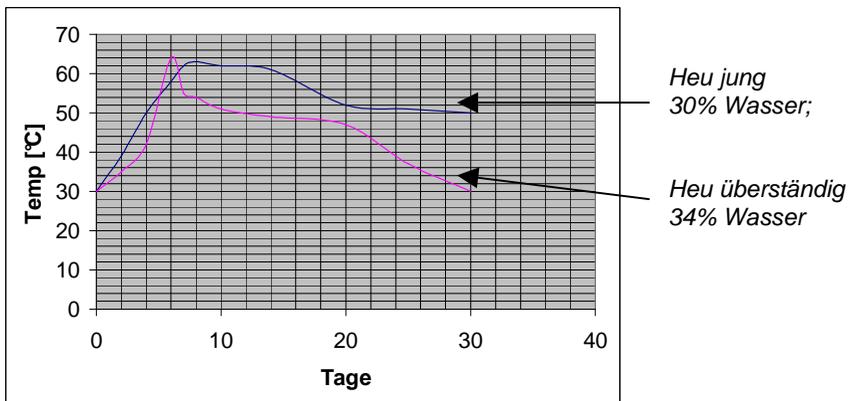


Bild 1.8: Temperaturverlauf in Abhängigkeit des Nährstoffgehaltes

Zur Verhinderung der Schimmelbildung und zur Geschmacksverbesserung wurden in der Vergangenheit 2 - 2,6 % Kochsalz zum eingebrachten Futterstock hinzugegeben. Ein negativer Einfluss auf die Neigung zur Selbsterwärmung konnte jedoch dadurch nicht bestätigt werden. [6]

Alle Voraussetzungen sind für eine Selbsterhitzung und eventuell anschließenden Selbstentzündung ausschlaggebend. Da die Selbsterhitzung lokal sehr begrenzt ist, reichen kleine örtliche Stellen im Stock mit „idealen“ Bedingungen aus, um eine Selbstentzündung zu bewirken, zum Beispiel durch eine schlecht getrocknete Wagenladung mit Heu.

Versuchsstock		1 ohne	1 mit	2 ohne	2 mit	NaCl-Zugabe
Wassergehalt am Anfang	%	27,1	23,2	22,5	22,6	
Futtermgewicht am Anfang	kg	4786	3907	4488	5001	
Maximaltemperatur	°C	57	51	60	57	
Halbtemperaturwert	Tage	22	24	36	43	

Tabelle 1.9: Einfluss von Kochsalzzugaben auf die Erhitzung von Heu

4. 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 Fladen (= dicht gepreßtes, gepacktes Heu) bedingt durch Abdestillation des Wassers bei 100-120°C. Durch die Fermentation im Inneren entsteht Geruchsveränderungen am Heustock. Das Heu riecht entfernt nach geröstetem Kaffee oder Tabak. In weiterer Folge entwickeln sich die ersten Glutkessel und Brandkanäle, welche sich in Richtung eines sauerstoffreicheren Mediums ausbreiten. [7]

Von Außen sind trichterförmige Vertiefungen erkennbar. Wachsen diese bis zur Oberfläche kommt es vorerst zu einer sensorisch wahrnehmbaren Rauchentwicklung (stechender Röstgeruch), welche ein explosionsartiges Durchzünden der Schwelgase an der Oberfläche zur Folge haben.

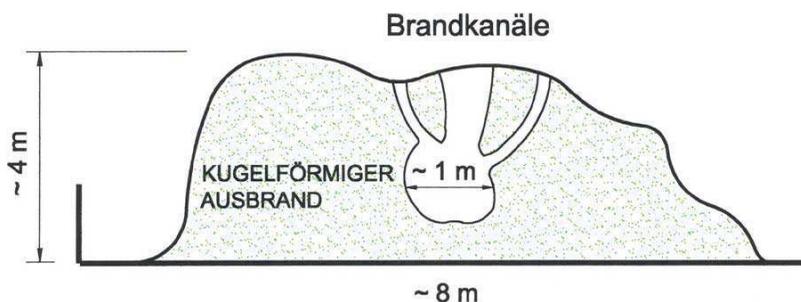


Bild 1.10: Schnitt durch den Heustock;

5. Verhütungsmaßnahmen

In erster Linie zielen alle Verhütungsmaßnahmen darauf ab, dass kein optimales Nährmedium für die Mikroorganismen vorhanden ist [8]:

- Höhe des Schnittes bzw. maschinelle Sammlung mit Ladewagen: Bodenanteile erhöhen die Keimzahl im Heu
- Trocknung: "3-Sonnen" bei Bodentrocknung → Gerüstrocknung → Preßballen → Trocknungsanlage
- Grundfläche und Höhe des Stapels mit Unterstützung durch Lüftungskanäle
- Einbringungsart: Vermeidung von Verdichtungsstellen
- Temperaturkontrollen durch Heusonden (siehe auch Kasten unten)
- bei Überschreitung der Temperatur: Einsatz von Heuwehrgeräten und ggf. Abtragen überhitzter Stöcke

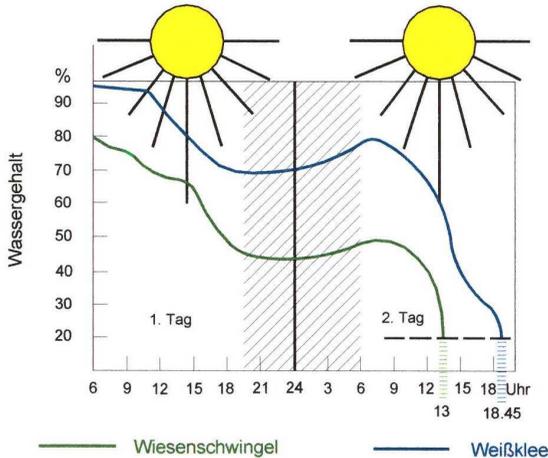


Bild 1.11: Trocknungsverlauf von Heu nach zwei Tagen

Die Temperaturüberwachung des Heustockes soll systematisch durchgeführt werden, um die sehr lokal begrenzten Überhitzungsstellen finden zu können. Mit der Heumesssonde wird die Temperatur im Abstand von 1,5 m am ganzen Stock von allen Seiten gemessen. Die Ergebnisse werden anschließend in einen Heumesskalender eingetragen, um einen zeitlichen Verlauf überwachen zu können (Sonde siehe nächste Seite!).

Treten Temperaturen über 70°C auf, so ist unverzüglich die Feuerwehr bzw. die Heuwehr zu verständigen.

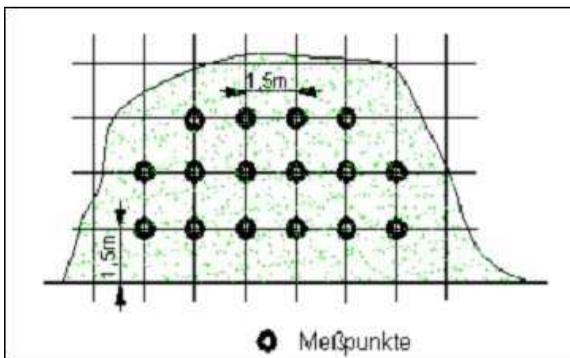


Bild 1.12: Fadenkreuzmethode



Bild 1.13: Heumesssonde, mit der die Temperatur im Inneren des Heustocks überwacht werden kann.

Heuwehr

An besonders verdichteten Stellen werden Stangensonden eingestoßen. Beim Herausziehen nach einigen Minuten kann direkt mit der Hand die heißeste Stelle im Stock erfühlt werden. Treten Temperaturen über 70°C auf, so ist unverzüglich die Feuerwehr und somit die zuständige Heuwehr zu verständigen.

Bei Temperaturen über 95°C oder bei Verdacht auf Glutnester wird von der Feuerwehr eine oder zwei in den Stock eingestoßene Rohrsonden an das Tanklöschfahrzeug angeschlossen, um notfalls den Brandherd im Inneren bekämpfen zu können.

Es werden in einem Abstand von ca. 80 bis 100 cm Rohrsonden plziert, welche über eine Schlauchleitung an ein Gebläse (wechselweiser Betrieb möglich) angeschlossen werden. Während des gesamten Vorgangs wird die Temperatur mittels einer Heumesssonde überwacht. Zwischen den Rohrsonden und den Schlauchleitungen werden Wasserkanister aufgesetzt, damit im ersten Saugbetrieb eine einfache Funkenlöschstrecke entsteht. Die abgesaugten Gase (Dampf) werden direkt ins Freie abgeführt. In den darauffolgenden 4 bis 6 Wochen muss erneut eine Temperaturüberwachung mit Messsonden durchgeführt werden.

Beim Auftreten von heißen, trockenen Gasen wird das Gebläse abgeschaltet und das Wasser über die Rohrsonden direkt in den Glutkessel eingebracht. Dies ist meist nur dort notwendig, wo der Einsatz des Heuwehrgerätes zu spät erfolgt ist. Die unvermeidlichen Abtragungsarbeiten werden dadurch wesentlich erleichtert, gefahrloser und weniger gesundheitsschädlich. [9]

Der Vorteil dieser Methode ist ein nur geringer Verlust des Nährwertes des Heus.



Bilder 1.14 und 1.15: Heuwehrübung der FF Haag am Hausruck

In Oberösterreich sind vom Landesfeuerwehrkommando neun Heuwehrstützpunkte mit entsprechenden Gerätschaften ausgerüstet: [10]



Bild 1.16: Oberösterreichische Heuwehrstützpunkte

HEUWEHRSTÜTZPUNKTE:

- | | |
|----------------------------|---|
| H1 Gschwandt | Gmunden
Wels-Land
Wels-Stadt |
| H2 Geiersberg | Ried i. I. |
| H3 Reichenau | Urfahr-
Umgebung
Linz-Stadt
Rohrbach |
| H4 Hinterndobl | Schärding
Eferding
Grieskirchen |
| H5 Wilding | Vöcklabruck |
| H6 Mistberg | Freistadt
Perg |
| H7 Moosgraben | Steyr-Stadt
Steyr-Land
Linz-Land
Kirchdorf |
| H8 Schälchen | Braunau |
| H8a Tarsdorf | Abschnitt
Wildshut |
| H9 Landesfeuerwehrkommando | |

6. Brandursachenforschung

Die Brandursachenermittlung besteht aus den Ermittlungen am Brandort und der Beweissicherung durch Beprobung des Heus.

Die Proben sind stark von der Probenahme und der Aufbewahrung abhängig. Durch schichtweises Abtragen des Heustapels (sofern möglich) bis zum Glutkessel sollten aus allen Fermentationsstufen Proben untersucht werden (helles und dunkles Braunheu – Röstheu – Heukohle – Heuasche). Wichtig ist vor allem eine Beprobung des Übergangs Grün- zu Braunheu und eine Vergleichsprobe eines nicht übergorenen Heus. Die Proben selbst sollten nur wenige Stunden nach Brandausbruch entnommen werden und sofort aufgelockert und bei Zimmertemperatur getrocknet werden, um durch Wasserentzug das Wachstum der Mikroorganismen zu unterbinden.

Wichtig ist auch eine getrennte Trocknung und Aufbewahrung der Proben um eine Fremdinfection durch andere Mikroorganismen zu vermeiden. In luftdurchlässigen Beuteln aufbewahrte Proben (zB Papiertüten) ist eine Lagerung über mehrere Monate ohne Informationsverlust möglich.

a) Morphologisch-mikroskopische Untersuchung

Eine Braunfärbung und Erweichung der Struktur des Heus deutet auf eine Selbsterhitzung durch Mikroorganismen hin. Die erste Färbung geht von wenig verholzten und feuchten Bereichen, in erster Linie den Halmknoten aus. In der ersten Stufe der Fermentation färbt sich das Innere der Halmknoten braun bis schwarz während die Halme in den angrenzenden Bereichen keine Veränderung zeigen (siehe Foto nächste Seite).

In weiterer Folge kommt es zu einer fortlaufenden Verfärbung bis Veraschung des Materials. In den weiteren Fermentationsstufen führt die Aktivität der Mikroorganismen zu einer biochemischen Zersetzung. Die Abdestillation des Wassers bewirkt eine Strukturverweichung (Fladen), welche von der Stapeloberfläche als trichterförmige Einsenkung erkennbar ist.



Bilder 1.17 und 1.18: Beispiele von Verfärbungen an Halmknoten

b) Mikrobiologische Untersuchung [11][12]

In der Nähe des Glutkessels ist das Heu durch die starke Hitzeeinwirkung steril. Die meisten thermophilen Mikroorganismen sind in jenen Bereichen vorhanden, wo noch kein Temperaturmaximum vorhanden war (Übergang Grün- auf Braunheu).

Durch die Ermittlung der Keimzahl im Heu kann eine Neigung zur Selbsterhitzung nachgewiesen werden. Es werden hierzu nach Ausschütteln, Verdünnen und Bebrütung bei 25°C und 55°C der Proben, die Keimzahlen verglichen.

Liegen nach Abschluss der Untersuchungen keine Fermentationserscheinungen und keine Anreicherung thermophiler Mikroorganismen vor, kann eine Selbstentzündung als Brandursache ausgeschlossen werden. Bei morphologischen Veränderungen und einer Verschiebung der Keimzahl von mesophil zu thermophil ist eine Selbsterhitzung möglich. Die Voraussetzungen für eine Selbstentzündung sind vorhanden, eine solche ist jedoch nicht automatisch bewiesen. Der Stapel kann sich nach erfolgter Selbsterhitzung wieder abgekühlt haben oder aber angezündet worden sein.

Keimzahlbestimmung:

Eine abgewogene Menge geschnittenes und luftgetrocknetes Heu (10 g) wird mit einem bestimmten Volumen Wasser ca. 10 min ausgeschüttelt. Die am Heu anhaftenden Mikroorganismen werden so ins Wasser übertragen. Das Wasser wird abdekantiert und nach definierten Vorgaben verdünnt. Bei jedem Verdünnungsschritt sind zwei Nähragarscheiben zu beimpfen. Eine ist bei 25°C und die andere ist bei 55°C zu bebrüten. Nach ein bzw. zwei Tagen werden die gewachsenen Kolonien auf den Nähragarscheiben ausgezählt (siehe Bild rechts), nach dem Verdünnungsschritt zurück gerechnet und verglichen. Wachsen mehr thermophile Mikroorganismen (Bebrütung bei 55°C) an, liegt ein Indiz für Selbstentzündung vor. Das Verhältnis der beiden Keimzahlen bei verschiedenen Temperaturen muss jedoch mindestens das 10 bis 100-fache betragen.

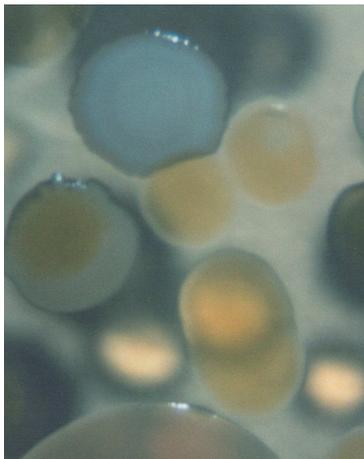


Bild 1.19: Beispiele thermophiler Mikroorganismen auf einer Nähragarscheibe

Nach einer Publikation des Regierungskriminalrat Dr. Otto Martin, BKA Wiesbaden wurden 223 Brandfälle auf Selbstentzündung untersucht [13]: Von den 223 untersuchten Brandfällen wiesen 191 äußere Selbstentzündungsmerkmale auf, konnten jedoch "nur" in 123 Fällen eine Anhäufung thermophiler Mikroorganismen nachgewiesen werden. In den 32 Bränden ohne Selbstentzündungsanzeichen wurden bei sieben Proben vermehrt thermophile Mikroorganismen gefunden.

Die Beurteilung, ob es sich bei einem Brand um Heuselbstentzündung handelte, ist von den äußeren Merkmalen genauso abhängig, wie die richtige Probenahme, sofern eine solche unter den Umständen möglich ist.

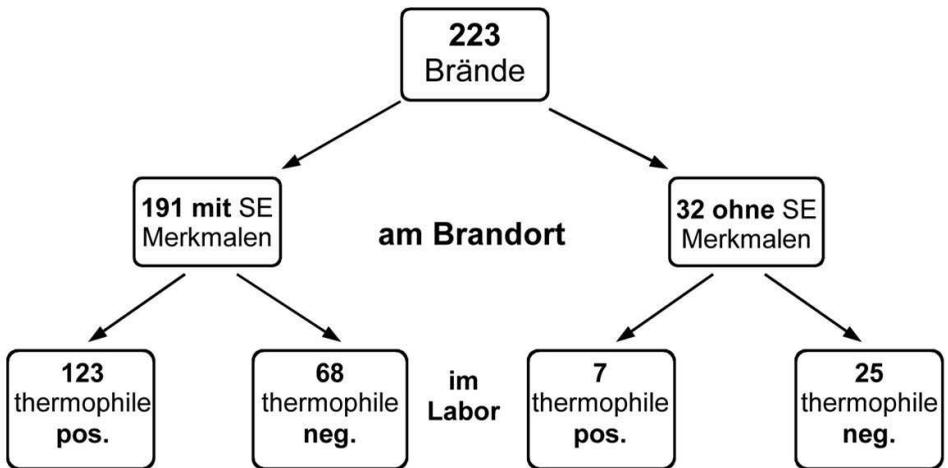


Bild 1.20: Auswertung von Bränden nach Selbstentzündungsmerkmalen

7. Quellenverzeichnis

7.1 Literaturnachweis

- [1] von Schwartz, *Handbuch der Feuer- und Explosionsgefahr*, 6. Auflage 1964, Feuerschutzverlag München
- [2] H. Miehe, *Die Selbsterhitzung des Heus*, Eine biologische Studie, Jena, 1907, Verlag von Gustav Fischer
- [3] H. G. Schlegel, *Allgemeine Mikrobiologie*, Georg Thieme Verlag Stuttgart
- [4] Christen/Vögtle, *Grundlagen der organischen Chemie*, 1989, Salle + Sauerländer, Frankfurt;
- [5] Hussain, *Biologische Selbsterhitzung von Heu und ihre Weiterentwicklung bis zur Selbstentzündung*, Grundlagen der Kriminalistik, Band 8/1, Steintor, 1972 Hamburg;
- [6] Hüni, *Die Selbstentzündung von Heu*, Eidgenössische Agrikulturchemische Anstalt, Liebefeld-Bern
- [7] Lengauer, *Schulung – Brandursachenermittlung, Vortrag von Dr. Hupfeld*, Institut für Schadensverhütung, Kiel, 1987 Linz
- [8] Jach, *Heuselbstentzündung, ihre Entstehung, Nachweis und Verhütung*, Erschienen in *schaden prisma 2'76*, Feuersozietät Berlin
- [9] Bocksberger/Schreyer, *Brandverhütung bei Selbstentzündung von Futterstoffen durch Heuwehr*, Gebrauchsanweisung für Heuwehrausrüstung, D-Königsdorf-Schönrain
- [10] Oberösterreichischer Landesfeuerwehrverband, *Jahresbericht 1998*
- [11] Y. Deleja-Hotko, *Mikrobiologischer Nachweis von thermophilen Bakterien in Heuproben*, Linz 1996
- [12] H. M. Hussain, *Ökologische Untersuchungen über die Bedeutung thermophiler Mikroorganismen für die Selbsterhitzung von Heu*, Zeitschrift für Allg. Mikrobiologie, 13-4; 1973, Universität Kiel
- [13] O. Martin, *Möglichkeiten und Grenzen des kriminaltechnischen Sachbeweises im Bereich der Biologie*, Bundeskriminalamt Wiesbaden

7.2 Bilder- und Tabellennachweise

- 1.1 K. A. Tramm, *Heuverluste durch Selbsterhitzung*, Aufklärungsschrift Nr. 32, Brandverhütungsdienst der Deutschen öffentlich-rechtlichen Feuerversicherungsanstalten im Zusammenarbeit mir der Reichsarbeitsgemeinschaft Schadensverhütung, Berlin 1937
- 1.2 M. Haunschmied; nach H. G. Schlegel, *Allgemeine Mikrobiologie*, Georg Thieme Verlag Stuttgart
- 1.3 M. Haunschmied;
- 1.4 G. Nadler, nach Hussain, *Biologische Selbsterhitzung von Heu und ihre Weiterentwicklung bis zur Selbstentzündung*, Grundlagen der Kriminalistik, Band 8/1, Steintor, 1972 Hamburg
- 1.5 M. Haunschmied, nach Hüni, *Die Selbstentzündung von Heu*, Eidgenössische Agrikulturchemische Anstalt, Liebefeld-Bern
- 1.6 G. Nadler, nach Landes-Feuerwehrkommando Oberösterreich, *Merkregeln zur Bekämpfung von Heustockbränden*, Zustand des Heues – Wassergehalt, 1985 Linz
- 1.7 M. Haunschmied, nach Hüni, *Die Selbstentzündung von Heu*, Eidgenössische Agrikulturchemische Anstalt, Liebefeld-Bern
- 1.8 M. Haunschmied, nach Hüni, *Die Selbstentzündung von Heu*, Eidgenössische Agrikulturchemische Anstalt, Liebefeld-Bern
- 1.9 M. Haunschmied, nach Hüni, *Die Selbstentzündung von Heu*, Eidgenössische Agrikulturchemische Anstalt, Liebefeld-Bern
- 1.10 G. Nadler, nach Hager, Vortragsreihe *Selbstentzündung von Heustöcken*,
- 1.11 G. Nadler, nach von Schwartz, *Handbuch der Feuer- und Explosionsgefahr*, 6. Auflage 1964, Feuerschutzverlag München
- 1.12 G. Nadler, nach Landwirtschaftskammer für Oö. und Brandverhütungsstelle für Oö., *Regelmäßiges Beobachten schützt vor Heu-Selbstentzündung*, Beiblatt Öffentlichkeitsarbeit, Eigenverlag BVS Linz
- 1.13 M. Haunschmied, mit freundlicher Unterstützung des Herrn Johann Hager;
- 1.14 J. Huber, fotografische Dokumentation der Heuwehrübung der FF Haag am Hausruck vom 22.6.05
- 1.15 J. Huber, fotografische Dokumentation der Heuwehrübung der FF Haag am Hausruck vom 22.6.05
- 1.16 Oberösterreichischer Landesfeuerwehrverband, *Jahresbericht 1998*,
- 1.17 Y. Deleja-Hotko, *Mikrobiologischer Nachweis von thermophilen Bakterien in Heuproben*, Linz 1996

- 1.18 Y. Deleja-Hotko, *Mikrobiologischer Nachweis von thermophilen Bakterien in Heuproben*, Linz 1996
- 1.19 Y. Deleja-Hotko, *Mikrobiologischer Nachweis von thermophilen Bakterien in Heuproben*, Linz 1996
- 1.20 M. Haunschmied nach O. Martin, *Möglichkeiten und Grenzen des kriminaltechnischen Sachbeweises im Bereich der Biologie*, Bundeskriminalamt Wiesbaden

Wir haben uns bemüht, die Quellen nach besten Wissen und Gewissen zu recherchieren, wenn sich Personen oder Institutionen übergangen fühlen und Ergänzungsbedarf besteht, bitten wir dies dem Herausgeber schriftlich mitzuteilen. Danke.

© OÖ. Brandverhütung, 2007

Die Urheberrechte liegen bei der BVS-Brandverhütungsstelle für OÖ und den Autoren. Die auszugsweise Verwendung der Inhalte ist gegen einen Zitat-Vermerk gestattet, sinnhafte Veränderungen sind unzulässig.

Heu-Selbstentzündung

Voraussetzungen - Phasen - Verhütungsmaßnahmen

