Arch. Kriminol. 170: 106-117 (1982)

Aus dem Wissenschaftlichen Dienst der Stadtpolizei Zürich

Erfahrungen bei der mikrobiologischen Untersuchung von Heu bei Verdacht auf Selbstentzündung

Von

Dr. **Walter Brüschweiler** und **Rudolf Schönbächler**

(Mit 2 Abbildungen und 7 Tabellen)

Brandausbrüche in Scheunen mit eingelagerten Futtervorräten sind, obwohl unser Land mehr und mehr zu verstädtern droht, noch lange keine Seltenheit. Können Brandursachen wie elektrische Kurzschlüsse, Funkenflug etc. ausgeschlossen werden, steht der Brandermittler vor der Frage: Selbstentzündung oder Brandstiftung? Zweifelsohne mußten in der Vergangenheit Selbstentzündungen gelegentlich als Erklärung für Schadenfeuer herhalten, deren wirkliche Ursache nicht festzustellen war. Es ist daher wichtig, über möglichst objektiv auswertbare Brandermittlungsmethoden im Labor zu verfügen, die zusätzlich zur Beurteilung auf dem Brandplatz beigezogen werden können.

1. Einleitung

Ein hoher Feuchtigkeitsgehalt sowie die Wärmeentwicklung durch die Atmung der noch nicht abgestorbenen Pflanzenzellen von frisch eingebrachtem Heu schaffen Umweltbedingungen, die die Mikroorganismen zu einem besonders intensiven Stoffwechsel anregen.

Aufgrund umfassender Untersuchungen weiß man heute, daß solche Mikroorganismen die Wärmeentwicklung im Heu bis zu einer Temperatur von ca. 70°C vorantreiben können. An diese Phase der biologischen Selbsterhitzung schließt eine Phase der rein chemischen Selbsterhitzung an, die unter Umständen zur Selbstentzündung des Futtermittels führen kann (Glathe 1960, 1962; Niese 1967; Hussain 1971).

Während der biologischen Phase ändert sich temperaturbedingt die Zusammensetzung des Keimbesatzes. Man unterscheidet, je nach der durch die Mikroben bevorzugten Lebenstemperatur, zwei Gruppen: die mesophilen und die thermophilen bzw. thermotoleranten Mikroorganismen. Die erstgenannten leben bevorzugt bei Raumtemperatur, die anderen bevorzugen oder tolerieren Temperaturen von ca. 40–70°C (Zuber 1979).

Liegen sachgemäß gesicherte Proben eines Heustockes vor, der aus einem abzuklärenden Grunde zur Entzündung gelangt ist, lassen sich durch das Bestimmen der Anteile der beiden Gruppen von Mikroben in diesen Proben Rückschlüsse ziehen auf den Gärungszustand des Heustockes unmittelbar vor dem Brandausbruch. Ist der Hauptteil des festgestellten Keimbesatzes mesophiler Art, scheidet eine Selbstentzündung des fraglichen Futtermittels aus, während bei einem starken Bewuchs mit thermophilen bzw. -toleranten Arten eine solche Brandursache durchaus im Bereich der Möglichkeiten liegt.

Die Vergangenheit hat allerdings gezeigt, daß es oft recht schwierig war, das Keimzahlverhältnis in den zu untersuchenden Heuproben mit wünschenswerter Sicherheit und Genauigkeit festzustellen. Die angewandten Methoden (Ausplattung nach Glathe; Trübungsverfahren nach Glathe/Jach sowie Frei/Sulzer; Schwartz 1958; Frei-Sulzer/Suter 1971) waren in ihrer Grundidee gut, beinhalteten aber Ansatzpunkte zu Fehlinterpretationen. Solche „Schwachstellen" mußten bei einer Weiterentwicklung der Methode beachtet und umgangen werden. Dazu zählen folgende Punkte:

- Heu-Mikroben lösen teilweise feste Nährböden auf; dementsprechend sind flüssige Nährmedien zu verwenden. Die gewählte Nährbouillon muß zudem eine möglichst kurze Bebrütungszeit gewährleisten. Dadurch kann das Wachstum von Anpassungsformen unterbunden werden.
- Ungefähr 40% der Mikroflora im Heu besteht aus niederen Pilzen und Strahlenpilzen (fadenförmige Bakterien). Wucherartiges Wachstum dieser Pilze verunmöglicht des öfteren eine genaue Keimzahlbestimmung. Es sind daher pro Untersuchungseinheit kleine Nährmedienmengen anzusetzen, dafür aber gleichzeitig mehrere gleiche Proben.
- Da im Heu eine Heterogenität an Mikrobenarten und auch eine Streuung im Besatz vorliegt, kann eine Trübungsbestimmung der Nährbouillon nicht alleiniges Kriterium zur Bestimmung der Anteile der beiden eingangs erwähnten Mikrobengruppen sein. Eine möglichst genaue Keimzahlbestimmung ist unumgänglich.
- Die Laboruntersuchung auf mögliche Selbstentzündung von Heu muß routinemäßig durchgeführt werden können; sie muß daher möglichst einfach auszuführen und in vertretbarem Rahmen zeit-, kosten- und materialaufwendig sein.

2. *Angewandte Methode*

Die aufgeführten Bedingungen sind in der Methode nach Jach (Hussain 1971) vollumfänglich berücksichtigt. Wir wenden diese Art der Untersuchung seit ca. acht Jahren bei uns an. Wir bevorzugen sie gegenüber allen anderen mikrobiologischen Methoden wegen ihrer Genauigkeit, Reproduzierbarkeit sowie wegen des einfachen und verhältnismäßig schnellen Arbeitsganges.

Für die Keimzahlbestimmung der Heumikroflora wird pro Probe wie folgt vorgegangen:

Von einer „handvoll-großen" Probe luftgetrocknetem Heu wird 1 g kurz zugeschnittenes Blatt- und Stengelmaterial (ca. 0,5 cm lange Stücke) in eine 250 ml-Serumflasche – enthaltend 100 ml physiologische Kochsalzlösung und 5 g Glasperlen – abgefüllt. Die Flasche wird danach in eine Schüttelmaschine eingesetzt und bei mäßiger Frequenz ca. 20 Minuten geschüttelt.

Vom flüssigen Anteil dieser Ausgangssuspension wird – wiederum mit physiologischer Kochsalzlösung – eine insgesamt sechsstufige Verdünnungsreihe angesetzt. Die daraus resultierenden Lösungsstufen sind die eigentlichen Impfsuspensionen.

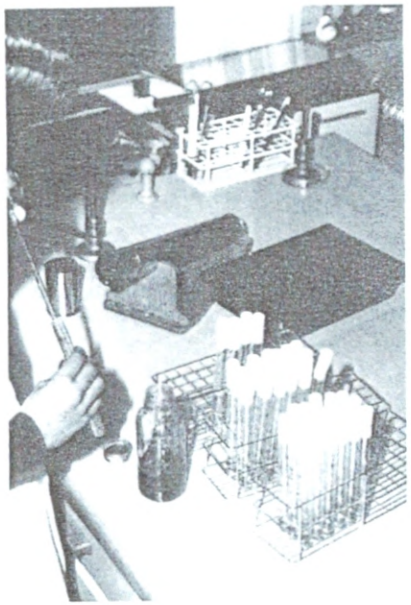

Abb. 1
Beimpfen der Reagenzröhrchen-Batterien zur Keimzahlbestimmung einer Heu-Probe

Die Impfung erfolgt in die Standard I-Nährbouillon der Fa. Merck, Darmstadt (Art. 7882). Da die nachfolgende Bebrütung der angesetzten Kulturen parallel bei 25° und 55°C erfolgen muß, werden in doppelter Ausführung 6 x 3 Reagenzröhrchen mit je 3,5 ml Nährbouillon abgefüllt und diese je mit 0,1 ml Impfsuspension versetzt. Die Verdünnungsstufen dieser Röhrchenbatterien umfassen die Werte 10^{-3} – 10^{-8}.

Für die Untersuchung sind autoklavierte Glaswaren und Flüssigkeiten zu verwenden. Zur Kontrolle der Sterilität müssen auch Proben der physiologischen Kochsalzlösung und der Nährbouillon mitbebrütet werden.

Die Bebrütung dauert vier Tage. Danach wird pro 3er-Reihe Reagenzröhrchen in absteigender Verdünnung gezählt, wie viele davon eine Trübung durch schwimmende oder suspendierte Keime aufweisen. Die Trübung wird als positiver Befund gewertet, wobei die Stärke der Trübung unwesentlich ist.

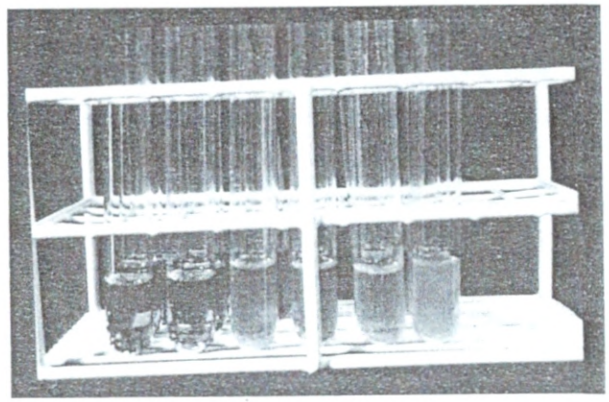

Abb. 2
Trübungsbestimmung an den Reagenzröhrchen nach der viertägigen Bebrütung

Als weiterer Schritt wird die wahrscheinlichste Keimzahl (Most Probable Number, MPN) nach den Angaben von Mc Crady (Tabelle 1) für das untersuchte Gramm trockenem Heu errechnet (Pochon und Tardieux 1962). Dazu muß die letzte Verdünnungsstufe, bei der alle drei Röhrchen positiv sind (oder die höchste Anzahl positive

Tab. 1:

Werte nach MacCrady (aus Pochon & Tardieux, 1962) zur statistischen Bestimmung des Keimbesatzes pro g Heu (3 Röhrchen pro Verdünnung)

Charakt. zahl	Zahl der Mikroben	Charakt. Zahl	Zahl der Mikroben	Charakt. Zahl	Zahl der Mikroben
000	0,0	201	1,4	302	6,5
001	0,3	202	2,0	310	4,5
010	0,3	210	1,5	311	7,5
011	0,6	211	2,0	312	11,5
020	0,6	212	3,0	313	16,0
100	0,4	220	2,0	320	9,5
101	0,7	221	3,0	321	15,0
102	1,1	222	3,5	322	20,0
110	0,7	223	4,0	323	30,0
111	1,1	230	3,0	330	25,0
120	1,1	231	3,5	331	45,0
121	1,5	232	4,0	332	110,0
130	1,6	300	2,5	333	140,0
200	0,9	301	4,0		

Röhrchen aufweist), als Ziffer 3 (oder entsprechend) festgehalten werden. Daran hängt man dann noch die den festgestellten Trübungen entsprechenden Ziffern der nächsten zwei absteigenden Verdünnungsstufen. Dies ergibt die dreistellige „charakteristische Zahl". Die MPN/g Heu errechnet sich davon aus dem dieser Zahl zugehörenden Wert der Tabelle 1, multipliziert mit dem reziproken Wert derjenigen Verdünnung, die der ersten Ziffer der „charakteristischen Zahl" entspricht.

3. *Allgemeine Bewertung der Analysenergebnisse*

Jach (1974) hat zu Vergleichszwecken 50 Heuproben von normal gedörrtem Heu untersucht. Er erhielt nach obiger Auswertungsmethode die in Tabelle 2 aufgeführten Keimzahlen mit den errechneten Standard-Streuungen pro 1 g Heu.

Tab. 2:

Keimbesatz-Vergleichswerte mit Standard-Streuung von normal gedörrtem Heu (nach Jach, 1974)

Keimzahl (MPN) pro g Heu		
$8{,}0 \cdot 10^7$ bis $5{,}0 \cdot 10^8$	bei Bebrütung in 25°C	(mesophile Mikroben)
$7{,}4 \cdot 10^3$ bis $3{,}8 \cdot 10^4$	bei Bebrütung in 55°C	(thermophile u. -tolerante Mikroben)

Berechnet man von diesen Streuungswerten die Verhältniszahl „% T/M" des „55°C-Besatzes" zum „25°C-Besatz", wobei letzterer als 100% gesetzt wird

$$(\%\ T/M = \frac{55°C\ Besatz}{25°C\ Besatz} \cdot 100),$$

so erhalten wir % T/M-Werte, die in der Norm unter 0,01% liegen oder diesen Wert nur unwesentlich überschreiten.

Bei typisch selbsterhitzten Proben liegt der Wert „% T/M" immer über 1. Bei einem Brandfall, bei dem auf dem Brandplatz verschiedene Anhaltspunkte (Hussain 1973; Brüschweiler 1973) einen starken Verdacht auf Selbsterhitzung des Heustockes ergaben, wurden 5 Proben erhoben und im Labor ausgewertet. In Tabelle 3 sind die

Tab. 3

Falldarstellung
(Werte, die eindeutig auf eine Selbsterhitzung des Untersuchungsgutes hinweisen)

Probe	Keimzahl (MPN) pro g Heu 25°C (mesophile)	55° (thermophile)	% T/M = % thermophile in bezug auf mesophile (letztere als 100% gesetzt)
1	$4{,}5 \cdot 10^5$	$2{,}0 \cdot 10^6$	444
2	$2{,}5 \cdot 10^6$	$2{,}0 \cdot 10^5$	8
3	$1{,}5 \cdot 10^6$	$1{,}1 \cdot 10^8$	7330
4	$2{,}5 \cdot 10^7$	$9{,}5 \cdot 10^6$	38
5	$7{,}5 \cdot 10^4$	$1{,}5 \cdot 10^6$	2000

entsprechenden Ergebnisse aufgeführt. Sie lassen eindeutig auf eine stattgefundene Selbsterhitzung schließen.

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei den obigen, statistisch ermittelten Werten um die wahrscheinlichsten Keimzahlen (MPN) und die daraus abgeleiteten Verhältnisse der beiden Mikroorganismen-Gruppen. Wiederholt man daher die Untersuchungen, dürfen nicht exakt übereinstimmende Werte erwartet werden.

Die Erfahrung zeigt aber, daß bei Wiederholungen – trotz voneinander abweichender Werte – die Frage nach einer möglichen Selbsterhitzung immer gleich beantwortet werden kann. Dies geht aus den Beispielen der Tabelle 4 hervor. Die aufgeführten Werte stammen von drei Proben desselben Brandfalles. Pro Probe wurde je dreimal 1 g Heu erhoben und diese parallel nebeneinander ausgewertet.

Tab. 4.

Dreifache Paralleluntersuchung an drei Proben aus einem Brandfall

Serie	Probe	Keimzahl (MPN) pro g Heu 25°C (mesophile)	55°C (thermophile)	% T/M = % thermophile in bezug auf mesophile (letztere als 100% gesetzt)
1	1	$1{,}1 \cdot 10^5$	$2{,}5 \cdot 10^4$	23
	2	$7{,}5 \cdot 10^3$	$4{,}5 \cdot 10^6$	600
	3	$1{,}1 \cdot 10^5$	$4{,}5 \cdot 10^5$	40
2	1	$4{,}5 \cdot 10^4$	$4{,}5 \cdot 10^6$	100
	2	$1{,}5 \cdot 10^4$	$4{,}5 \cdot 10^6$	300
	3	$2{,}5 \cdot 10^5$	$2{,}0 \cdot 10^5$	80
3	1	$2{,}5 \cdot 10^5$	$4{,}5 \cdot 10^5$	180
	2	$1{,}5 \cdot 10^5$	$2{,}5 \cdot 10^5$	170
	3	$4{,}5 \cdot 10^5$	$1{,}5 \cdot 10^6$	330

Die Resultate aller drei im Ausgangsmaterial übereinstimmender Serien lassen eine Selbsterhitzung im fraglichen Brandfall bejahen.

Ein weiteres Problem stellt die Reproduzierbarkeit der Resultate über eine gewisse Zeitspanne hinweg dar. Auch diesbezüglich haben wir anhand praktischer Fälle Erfahrungen sammeln können. In Tabelle 5 sind Untersuchungsergebnisse zweier voneinander unabhängiger Brandfälle aufgeführt.

Der Fall vom Oktober 1980 erwies sich anhand der damals ausgeführten Analyse bezüglich einer Selbsterhitzung als eindeutig positiv. Nachüberprüfungen, die im Januar 1982 am selben Probenmaterial ausgeführt wurden, ließen keine andere Schlußfolgerung zu.

Der im Juni 1981 als eindeutig negativ beurteilte Fall zeigte auch noch im Januar 1982 entsprechende Untersuchungsergebnisse.

Tab. 5:

Zeitlich verschobene Wiederholungs-Untersuchungen an bezüglich Selbsterhitzung positivem (Proben 1 – 4) und negativem (Proben 5 & 6) Untersuchungsgut

Datum der Auswertung	Probe	Keimzahl (MPN) pro g Heu 25°C (mesophile)	55°C (thermophile)	% T/M = % thermophile in bezug auf mesophile (letztere als 100% gesetzt)
Okt. 80	1	$2,5 \cdot 10^4$	$9,5 \cdot 10^4$	380
Okt. 80	2	$1,5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^7$	1000
Okt. 80	3	$0,4 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	625
Okt. 80	4	$0,9 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	1666
Jun. 81	5	$1,4 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^6$	0,178
Jun. 81	6	$1,4 \cdot 10^8$	$9,5 \cdot 10^5$	0,006
Jan. 82	1	$9,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^4$	157
Jan. 82	2	$1,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^6$	1000
Jan. 82	3	$1,5 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^6$	300
Jan. 82	4	$9,5 \cdot 10^3$	$7,5 \cdot 10^5$	78
Jan. 82	5	$1,4 \cdot 10^8$	$9,5 \cdot 10^4$	0,067
Jan. 82	6	$4,5 \cdot 10$	$4,5 \cdot 10^3$	0,010

4. Brandfolgeeinwirkungen

Es ist nicht in allen Fällen möglich, optimale Proben sicherzustellen. Des öfteren ist der Heustock von der Bühne in darunterliegende Räumlichkeiten durchgebrochen oder er mußte zur Abwendung der Feuerausbreitung – ohne Rücksichtnahme auf eine Spurensicherung – total auseinandergerissen werden.

Werden in solchen Situationen Proben erhoben, erweisen sich meistens einige davon steril oder zumindest ist deren absoluter Keimbesatz in verschiedenem Maße reduziert. Sterile Proben können selbstverständlich nicht weiter untersucht werden. Proben, deren Mikroflora durch Brandfolgeeinwirkung jedoch nur teilweise geschädigt ist, lassen sich auswerten. Allerdings muß bei der Beurteilung der Resultate vorsichtig vorgegangen werden. In Tabelle 6 ist ein entsprechendes Beispiel aufgeführt.

Die absoluten Besätze an thermophilen und -toleranten Keimen sind bei allen Proben kleiner als diejenigen der mesophilen Mikroben. Lage eine gefährliche Vermehrung der erstgenannten Keimgruppe vor, wurde eine umgekehrte Feststellung in der absoluten Höhe der Keimzahlen gemacht werden müssen, d. h. daß der „55°C-Besatz" zahlenmäßig dem „25°C-Besatz" ungefähr entsprechen oder ihn übersteigen müßte.

Eine akute Vermehrungstendenz der thermophilen und -toleranten Mikroflora im Sinne einer brandgefährlichen Selbsterhitzung liegt somit beim aufgeführten Beispiel nicht vor.

Tab. 6:

Falldarstellung
(Heuproben mit Brandfolgeeinwirkungen auf den Mikrobenbesatz)

	25°C (mesophile)	55° (thermophile)	% T/M = % thermophile in bezug auf mesophile (letztere als 100% gesetzt)
1	$9,5 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^3$	47
2	$4,5 \cdot 10^4$	$7,5 \cdot 10^3$	17
3	$1,5 \cdot 10^4$	0	0
4	$9,5 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^3$	47

Die Berechnung des Verhältniswertes „% T/M" führt allerdings zu ansonst als positiv zu bewertenden Ergebnissen. Diese Werte werden aber nur vorgetäuscht durch die starke Schädigung der wärmeempfindlichen Mikroflora.

In Tabelle 7 ist ein weiteres Beispiel einer Heu-Untersuchung aufgeführt, bei der die Proben Brandfolgeeinwirkungen aufweisen.

Tab. 7:

Falldarstellung
(Heuproben mit teilweiser Brandfolgeeinwirkung auf den Mikrobenbesatz)

	25°C (mesophile)	55° (thermophile)	% T/M = % thermophile in bezug auf mesophile (letztere als 100% gesetzt)
1	$4,5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	56
2	$1,4 \cdot 10^8$	$9,5 \cdot 10^6$	7
3	$9,5 \cdot 10^3$	$9,5 \cdot 10^3$	100
4	$9,5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	26

Hier muß man bezüglich einer Selbsterhitzung auf eine positive Schlußfolgerung kommen. Die Begründung liegt in der relativen Häufigkeit des „55°C-Besatzes". Trotz der offensichtlich brandbedingten Reduktionen der Mikroflora bei den Proben Nr. 1, 3 und 4 ist deren thermophiler und -toleranter Keimbesatz relativ hoch. Zudem gibt uns die höchstens geringfügig reduzierte Probe Nr. 2 wegen ihres hohen „55°C-Besatzes" den noch nötigen ergänzenden Anhaltspunkt, daß im betroffenen Heustock eine Selbsterhitzung stattfand.

Bezüglich der Bewertung von sekundär brandbeeinflußten Proben kann daher folgendes zusammenfassend festgehalten werden:

Ist der „55°C-Besatz" größer als der „25°C-Besatz", so kann, unabhängig von der Stärke der Keimzahlreduktion, eine Selbsterhitzung des Untersuchungsgutes in Betracht gezogen werden.

Liegt eine schwache Reduktion des mesophilen Besatzes vor (ca. $10^6 - 10^8$ MPN-Keime/g Heu), so darf der thermophile und -tolerante Besatz anzahlmäßig nicht wesentlich geringer als der erstere sein, damit eine Selbsterhitzung der Probe noch als möglich beurteilt werden kann.

Muß die Reduktion des „25°C-Besatzes" als mittel bis stark eingestuft werden (ca. 10^5–10^7 MPN-Keime/g Heu), so ist die Grenze der Bewertungsmöglichkeit einer Probe erreicht. Als „bedingt positiv" kann das Ergebnis noch gewertet werden, wenn der „55°C-Besatz" anzahlmäßig den „25°C-Besatz" nicht unterschreitet. Die Gesamtbeurteilung bezüglich einer möglichen Selbsterhitzung eines Heustockes darf aber nicht ausschließlich auf solchen „Grenzfällen" beruhen. Liegen alleine solche vor, müssen diese – entsprechend sterilen – Proben als unauswertbar bezeichnet werden.

5. *Probenerhebung und Behandlung bzw. Lagerung der Proben*

Die Grundvoraussetzung für ein erfolgreiches Analysieren von Heuproben ist ein sauberes Arbeiten. Es dürfen in keinem Fall Mikroorganismen direkt (durch Berühren) oder indirekt (durch starken Luftzug) von einer Probe auf die andere übertragen werden.

Zudem muß ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Entnahme der Proben so rasch wie irgend möglich, d. h. innerhalb einiger Stunden nach dem Brandausbruch sichergestellt sowie **sofort** danach aufgelockert und luftgetrocknet werden. Dadurch wird den Mikroben im Heu die zu ihrem Wachstum bzw. Vermehrung benötigte Feuchtigkeit entzogen. Das Verhältnis der beiden für unsere Untersuchungen wesentlichen Mikroben-Gruppen bleibt nur in trockenem Zustand – wie die in Tabelle 5 aufgeführten Beispiele zeigen – über längere Zeit hinweg im wesentlichen konstant.

Jede Verzögerung der Probenerhebung und der Lufttrocknung des Untersuchungsgutes begünstigt alleine das Wachstum der mesophilen Mikroorganismen.

Dies kann zwangsläufig zu einer Verfälschung des Analysenresultates führen. Im Ablauf des Untersuchungsganges ist somit Eile geboten bis zur vollgen Trocknung des Heus; danach können die Proben – wie bei uns ausgeführt – in Briefumschlägen bis zur Ausführung der Analyse (sowie danach) bei Raumtemperatur aufbewahrt werden. Innerhalb von Monaten ist dadurch kein Informationsverlust zu erwarten.

Wie bereits in anderem Zusammenhang erwähnt, liegt im Heu eine Streuung im Besatz der Mikroben vor. Diese „Dichteschwankungen" einerseits und die mögliche Beeinflussung des Mikroorganismenbestandes durch den Brand andererseits verlangen, daß immer mehrere örtlich getrennt erhobene Proben von einem fraglichen Heustock analysiert werden. Die Schlußfolgerung aus einem einzigen Probenergebnis zu ziehen, erscheint uns sehr fraglich, sofern nicht im positiven Sinne eine ganz deutliche Tendenz erkennbar ist (55°C-Besatz > ca. 10^6 MPN-Keime/g Heu).

Wenn von einem vermutlichen Glutkessel in einem Heustock ausgegangen werden kann, so sollten für eine mikrobiologische Untersuchung erst ab dem nach außen anschließenden Bereich mit der leichten Braunfärbung des Heus Proben erhoben werden. Näher dem Zentrum liegendes, dunkelbraunes Heu sowie schwarze und

weiße Heuasche ist steril. Es empfiehlt sich, in den Zonen mit dem leicht braun gefärbten Heu und weiter außen – wenn möglich einer vom Zentrum sich entfernenden Spirale folgend – in regelmäßigen Abständen ca. 6 Proben sicherzustellen und danach, in einem ersten Arbeitsgang, vier davon zu analysieren. Ist das daraus resultierende Ergebnis nicht genügend aufschlußreich, können die beiden weiteren Proben noch in die Untersuchung einbezogen werden. Selbstverständlich handelt es sich bei dieser Angabe zur Probensicherstellung um einen mehr theoretischen Anhaltspunkt. In der Praxis wird die Probenentnahme in vielen Fällen mehr zufallsmäßig als systematisch erfolgen müssen. Dabei wird es dem erfahrenen Brandermittler sicher eher gelingen als dem Anfänger, auswertbare Proben zu erfassen.

Unserer Erfahrung entsprechend sollten jedoch in jedem Falle mindestens vier örtlich getrennt erhobene „handvollgroße" Proben zur Laboruntersuchung vorliegen.

6. *Selbsterhitzung entspricht nicht Selbstentzündung*

Die vorliegende Untersuchungsmethode kann in keinem Fall Auskunft darüber geben, ob sich ein Heustock selbstentzündet hat. Die Untersuchungsergebnisse lassen nur eine Aussage zu bezüglich der Selbsterhitzung des eingelagerten Futtermittels. Kann aufgrund der Laborergebnisse eine Selbsterhitzung bejaht werden, ist eine Selbstentzündungstendenz für den fraglichen Heustock gegeben. Es muß aber in Betracht gezogen werden, daß sich sogar ein stark erhitzter Stock selber wieder abkühlt oder daß einer bevorstehenden möglichen Selbstentzündung durch Drittpersonen „zur Sicherheit nachgeholfen" wurde.

Bei der Untersuchung eines fraglichen Heustockbrandes kann somit nur eine grundlich durchgeführte polizeiliche Ermittlung, eine umfassende Spurenauswertung auf dem Brandplatz sowie die Zusammenarbeit mit dem kriminaltechnischen Labor zu einem befriedigenden Resultat führen.

Zusammenfassung

Die zur Erfassung von Selbsterhitzungen bzw. Selbstentzündungstendenzen von Heu angewandte Untersuchungsmethode zeichnet sich aus durch ihre weitgehende statistisch gesicherte Genauigkeit sowie den einfachen und verhältnismäßig schnellen Arbeitsgang. Zudem ist sie dem allg. Verhalten der Heu-Mikroben optimal angepaßt.

Die Proben sind raschmöglichst nach dem Brandausbruch sicherzustellen und danach **sofort** luftzutrocknen. In trockenem Zustand bleibt das Keimzahlverhältnis der beiden für die Untersuchung bestimmenden Mikroben-Gruppen über Monate hinweg im wesentlichen konstant. Die Reproduzierbarkeit der Analysen-Resultate ist somit gegeben.

Der Mikrobenbesatz kann jedoch durch den Brand beeinflußt worden sein. Bei der Wertung der Untersuchungsergebnisse muß dies beachtet werden.

Um Fehlbeurteilungen infolge der natürlich gegebenen Heterogenität im Mikrobenbesatz des Heus sowie wegen Brandfolgeeinwirkungen möglichst ausschließen zu können, sollten pro Brandfall mindestens vier örtlich getrennt sichergestellte Proben zur Analyse vorliegen.

Es ist zu unterscheiden zwischen Selbsterhitzung und Selbstentzündung eines Heustockes. Aufgrund des Untersuchungsresultates kann nur auf erstere geschlossen werden. Wird diese bejaht, ist jedoch eine Tendenz zur Selbstentzündung gegeben.

Summary

The method we use for the investigation of a probable selfignition of hay gives reliable results and doesn't need to much preparation and analysis work.

The samples have to be collected as soon as possible after the beginning of the fire and have to be dried immediately thereafter by roomtemperature.

In a dry condition the ratio of the two microbe-groups, which are essentiel for our investigation, stay constant over months. Therefore the reproductivity of the results is given.

The number of microbes ca be influenced by the fire. This has to be considered by valuing the analysis-results.

In any case at least four samples have to be collected from different places and thereafter analysed. This keeps the possibility of a false conclusion the smallest possible.

There is a real difference between the temperature raise and the self-ignition of the hay. Our method gives only information about the temperature raise. If this condition is given the hay has a tendency to self ignite.

Literatur

Brüschweiler, W.: Heu-Selbstentzündungen, „Der Polizeibeamte" **54**/15, 225 f (1973)

Frei-Sulzer, M./Suter, A.: Leitfaden zur Bearbeitung von Brandsachen und Explosionen, Kriminalistik Verlag München (1971), S. 232 f.

Glathe, H.: Die mikrobiologische Analyse im Dienste der Brandursachenermittlung, Kriminalistik **14**, 121 f (1960)

Glathe, H.: Selbsterhitzung und Selbstentzündungs-Ursache, Nachweis und Verhütung, „Die Feuerwehr" **12**/8, 183 f (1962)

Hussain, H. M.: Oekologische Untersuchungen an thermophilen Mikroorganismen und deren Rolle bei der Selbsterhitzung von Heu, Unveröffentlichte Arbeit (Diss.), Math. Naturw. Fakultät Universität Kiel (1971)

Hussain, H. M.: Biologische Selbsterhitzung von Heu und ihre Weiterentwicklung bis zur Selbstentzündung, Grundlagen der Kriminalistik, **8**/1, 359 f, Hamburg (1973) (Steintor Verlag)

Jach, W.: Pers. Mitteilung (1974)

Niese, G.: Der gegenwärtige Stand der Erforschung der biologischen Selbsterhitzung, „Die Feuerwehr" **17**, 232 f (1967)

Pohl, Klaus Dieter: Der Nachweis einer möglichen Selbsterhitzung im Rahmen von Brandermittlungen, Arch. f. Krim. **153**, 97 f (1973)

Pohl, Klaus Dieter: Handbuch der naturwissenschaftlichen Kriminalistik, Heidelberg (Kriminalistik) 1981, insb. S. 171 f.

Pochon, J./Tardieux, P.: Techniques d'analyse en microbiologie du sol, Edit. de la Tourelle, Saint Mandé 91 (1962)

Schwartz, E.: Handbuch der Feuer- und Explosionsgefahr, 5. Aufl. 524 f, Verlag Ph. L. Jung, München (1958)

Zuber, H.: Thermophile Bakterien, Chemie in unserer Zeit, **13**/6, 165 f, Verlag Chemie, D-6940 Weinheim (1979)

Anschrift der Verfasser:

Dr. W. Brüschweiler und R. Schönbächler
c/o Wissenschaftlicher Dienst
Stadtpolizei Zürich
Zeughausstraße 11/21
CH-8004 Zürich