

- [24] Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen [Richtlinie „Statische Elektrizität“], Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie, Heidelberg, Richtlinie Nr. 4/4.80.
- [25] B. S. 5958, Part 1 and 2, British Standards Institution, London (1981/1982).
- [26] Statische Elektrizität, Regeln für die betriebliche Sicherheit, Schriftenreihe der ESCIS, Heft 2, Vogt-Schild, Solothurn (1984).
- [27] H. Krämer, *J. Electrostat.* 10 (1981) 89.
- [28] L. Post, G. Lüttgens, B. Maurer, M. Glor, *Die Berufsgenossenschaft*, Heft 7 (1983) 1.
- [29] M. R. O. Jones, J. Bond, *Chem. Eng. Res. Des.* 62 (1984) 327.
- [30] W. B. Kunkel, *J. Appl. Phys.* 21 (1959) 820.
- [31] E. Bodenstedt, *Z. Angew. Phys. IV* (1954) 297.
- [32] K. H. Mirgel, *VDI-Ber. (Ver. Dtsch. Ing.)* 19 (1957) 49.
- [33] K. Min, B. T. Chao, M. E. Wyman, *Rev. Sci. Instrum* 34 (1963) 329.
- [34] T. G. O. Berg, G. C. Fernish, W. J. Flood, *Aerojet, General Corp. Reports 0395-04(8)SP* (1963) und *0395-04(14)SP* (1963); *Rev. Sci. Instrum.* 35 (1964) 719.
- [35] I. N. Aleinikova, A. V. Kitaev, B. V. Filipenko, *Colloid J. USSR* 28 (1966) 505.
- [36] L. Ramackers, *Advances in Static Electricity I, Proc. 1st Int. Conf. Static Electricity, Vienna* (1970) 370.
- [37] C. E. Lapple, *Adv. Chem. Eng.* 8 (1970) 1.
- [38] G. Jansen: *Der Einfluß elektrischer Felder auf die Höhe elektrostatischer Aufladungen unter besonderer Berücksichtigung der Kunststoffe*, Dissertation, Universität (TH) Karlsruhe (1972).
- [39] B. Maurer, XI<sup>e</sup> Congress FATIPEC 1972, Edizione Ariminum, Milano (1972).
- [40] G. A. Turner, M. Balasubramanian, *DEHEMA-Monogr.* 72 (1974) 435; *J. Electrostat.* 2 (1976) 85.
- [41] L. B. Schein, J. Cranch, *J. Appl. Phys.* 46 (1975) 5140.
- [42] S. Kittaka, Y. Murata, *J. Electrostat.* 2 (1976) 111.
- [43] W. Muhr, *Chem. Ing. Tech.* 48 (1976) 581.
- [44] J. Kakas, G. Vigyazo, *Staub-Reinhalt. Luft* 36 (1976) 73.
- [45] A. T. Szaynok, J. Malcher, A. Sycinska-Tojniak, *3rd Int. Congr. Static Electricity, Grenoble* (1977) Paper 16a
- [46] H. Masuda, T. Komatsu, N. Mitsui, K. Iino, *J. Electrostat.* 2 (1977) 341.
- [47] S. Kittaka, N. Masui, Y. Murata, *J. Electrostat.* 6 (1979) 181.
- [48] A. G. Bailey, *Prep. Int. Symp.: The Role of Particle Interactions in Powder Mechanics, Eindhoven* (1983) 67.
- [49] P. Boschung, M. Glor, *J. Electrostat.* 8 (1980) 205.
- [50] M. Glor, P. Boschung, *Swiss Chem.* 3 (1981) 71.
- [51] M. Glor, G. Lüttgens, B. Maurer, L. Post, unveröffentlicht.
- [52] P. Cartwright, S. Sing, A. G. Bailey, IEEE Conference, San Francisco (1982).
- [53] B. Maurer, *Germ. Chem. Eng.* 4 (1979) 189.
- [54] S. Larigaldie, N. Giboni, *J. Electrostat.* 10 (1981) 57.
- [55] W. Bartknecht: *Explosionen*, 2. Aufl., Springer-Verlag, Berlin (1980).
- [56] P. Field, „Dust Explosions“, in J. C. Williams, T. Allen (Eds.): *Handbook of Powder Technology*, Vol. 4, Elsevier, Amsterdam (1982).
- [57] W. Berthold, *VDI-Ber. (Ver. Dtsch. Ing.)* 494 (1984) 105 [Sichere Handhabung brennbarer Stäube“, Tagung Nürnberg 1983].
- [58] B. Lewis, G. van Elbe: *Combustion, Flames, and Explosions of Gases*, Academic Press, New York (1961).
- [59] T. Glarner, Dissertation, ETH-Zürich (1983).
- [60] G. Pellmont, Dissertation, ETH-Zürich (1979).
- [61] N. Gibson, F. C. Lloyd, *Br. J. Appl. Phys.* 16 (1965) 1619.
- [62] D. K. Felstead, R. L. Rogers, D. G. Young, *Inst. Phys. Conf. Ser.* 66 (1983) 105.
- [63] N. Wilson, in *Electrostatics 1979, Institute of Physics*, London (1979) p. 73.
- [64] P. Tolson, *J. Electrostat.* 8 (1980) 289.
- [65] N. Wilson, *Inst. Phys. Conf. Ser.* 66 (1983) 21.
- [66] E. Heidelberg, Static Electrification Conference, The Institute of Physics and the Physical Society, London (1967).
- [67] E. Heidelberg, *Advances in Static Electricity I, Proc. 1st Int. Conf. Static Electricity, Vienna* (1970) 351.
- [68] M. Glor, *J. Electrostat.* 10 (1981) 327.
- [69] H. Krämer, K. Asano, *J. Electrostat.* 6 (1979) 361.
- [70] J. K. Johnson, *J. Electrostat.* 4 (1977/1978) 53.
- [71] M. Glor, unveröffentlicht.
- [72] M. Glor, *J. Electrostat.* 15 (1984) 223.
- [73] A. R. Blythe, W. Reddish, in *Electrostatics 1979*, Institute of Physics, London (1979), p. 107.
- [74] B. Maurer, *Chem. Ing. Techn.* 51 (1979) 98.
- [75] F. Schmalz, persönliche Mitteilung.
- [76] P. Boschung, W. Hilgner, G. Lüttgens, B. Maurer, A. Widmer, *J. Electrostat.* 3 (1977) 303.
- [77] G. Lüttgens, P. Boschung: *Elektrostatische Aufladungen*, Expert-Verlag, Grafenau (1980).

# Selbstentzündung von Wäschestapeln

Dr. U. Puchner

## Einleitung

Mit zunehmender Anzahl von Groß-Wäschereien vor etwa 20 Jahren sind Brände in diesen Betrieben aufgefallen, die außerhalb der üblichen Arbeitszeiten, vielfach mehrere Stunden nach Arbeits-schluß, entdeckt worden sind [1,2,3]. In den meisten Fällen führten die kriminal-technischen Untersuchungen am Brandort zu dem eindeutigen Ergebnis, daß eine technische Brandursache zuverlässig auszuschließen ist; die kriminalisti-schen Erhebungen ergaben aber auch keine Hinweise auf eine fahrlässige oder vorsätzliche Brandstiftung. So mußten einige Brandfälle zunächst als ungeklärt zu den Akten gelegt werden, wobei jeder an der Aufklärung oder Schadenregulie-rung Beteiligte oder davon Betroffene den sich anscheinend widersprechenden Befunden mit Skepsis begegnete. Die mit

diesen Schäden befaßten Brandsachver-ständigen waren herausgefordert, durch Auswertung von Beobachtungen Sach-kundiger und Laborversuchen sowie durch theoretische Untersuchungen die tatsächliche Ursache dieser Brände zu erforschen [6].

## Beobachtungen bei realen Bränden

Wegen des hohen Zerstörungsgrades war es meist nicht möglich, Einzelunter-suchungen in der vor dem Brand auf-gestapelten Wäsche durchzuführen. Als aber nach einem frühen, erfolgreichen Löschan-griff relativ gut erhaltene Wäschestapel sichergestellt werden konnten, war der entscheidende Hinweis gegeben. Im Inneren konnten Glutnester nachgewiesen werden, die zum Zeit-punkt der Löschanmaßnahmen noch keine direkte Verbindung zur Umgebungsluft aufwiesen. Im brandbeschädigten Textil-material konnten weder Reste einer zeit-verzögernden Inbrandsetzungsvorrich-tung noch Spuren eines chemischen

Brandsatzes nachgewiesen werden. Daraus resultierte der Verdacht, es könne sich bei diesen Bränden nur um einen Selbsterhitzungsprozeß in den gestapel-ten Wäschestücken handeln. Dabei erin-nernte man sich z. B. an Selbstentzün-dungsbrände in Papierrollen nach einer Lagerzeit von 10 Tagen nach Herstellung [4] und an Selbstentzündungsbrände von gepreßten Baumwollballen nach wochenlangem Schiffstransport.

Gerade die in den Baumwollballen fest-gestellten Glutnester schienen ein unmit-telbares Analogon zu den Bränden in der gewaschenen, getrockneten und gesta-pelten Wäsche der Groß-Wäschereien zu sein. Es war bekannt, daß die in der Baum-wolle enthaltenen Öle eine chemische Reaktion mit dem Luftsauerstoff einge-hen, die von einer erheblichen Wärmeab-gabe begleitet wird. Diese Ballen sorgen durch ihre dichte Packung für eine solche thermische Isolierung, daß sich im Inne-ren offensichtlich ein zum Brand führen-der Wärmestau entwickeln kann.

Dr. Ulrich Puchner, Bauoberrat,  
Sachverständiger im Sachgebiet Physik  
des Bayerischen Landeskriminalamtes

## Laboruntersuchungen

Bei der gewaschenen Wäsche mußte davon ausgegangen werden, daß noch Fett- oder Öreste vorhanden waren. Bei den Baumwollballen war dies bereits bekannt. Tatsächlich konnte beobachtet werden, daß solche Brände in Wäschestapeln entstanden sind, deren Einzelstücke aus Großküchen, Hotels, Gaststätten, Metzgereien oder Kosmetikbetrieben stammten. Gezielte Versuche an solchen Wäschestücken ergaben, daß mit entsprechenden Lösungsmitteln erhebliche Mengen von Restfetten oder -ölen aus „gereinigter“ Wäsche herauszulösen waren. Somit war der Nachweis erbracht, daß offensichtlich in dieser Wäsche trotz eines offenbar erfolgreichen Waschvorganges erhebliche Rückstände von Fetten und Ölen zurückgehalten werden [1]. Erläuternd sei bemerkt, daß es sich hier um pflanzliche oder tierische Fette und Öle handelt und nicht um Erdöl bzw. Erdölprodukte.

Die Kunden der Großwäschereien haben im Vertrauen auf die speziellen Möglichkeiten der gewerblichen Wäschereien offensichtlich die Wäsche mit Fetten und Ölen hochbelastet; die Wäschereien vertrauten ihrerseits auf erprobte Waschrezepturen. Damit ergab sich zwangsläufig die Situation, daß die Wäsche zwar als optisch sauber bewertet wurde, aber trotzdem unbemerkt nicht unerhebliche Restmengen von Fetten oder Ölen im Waschgut verblieben sind.

In realen Brandfällen waren zwar mit Hilfe empfindlicher chemischer Nachweisverfahren Rückstände von Fetten oder Ölen, aber in der Regel keine erhöhten Reaktionstemperaturen zu bestimmen; nur abgelöschte Glutnester im Inneren von Wäschestapeln (Bild 1) belegten, daß die Zündtemperatur der textilen Materialien nachweislich überschritten worden war. In wirklichkeitsnahen, den örtlichen Gegebenheiten angepaßten Modellversuchen konnte schließlich der meßtechnische Nachweis erbracht werden, daß in fett- bzw. ölhaltigen Wäschestapeln nach dem Waschvorgang im Verlauf von einigen Stunden eine deutliche Temperatursteigerung eintritt. Im Fall von gewaschenen Grobgarnhandtüchern aus einer Metzgerei, die nach einer Trocknung bei 80–100°C in einem Transportwagen abgelegt worden waren, konnte im Rekonstruktionsversuch nach 7 Stunden im Inneren eine Temperatur von 140°C gemessen werden; beim Entladen und Überprüfen der Wäschestücke war in der Nähe der Meßstelle schließlich ein Glutnest nachzuweisen [5].

Alle einschlägigen Versuche ergaben, daß für den Selbsterhitzungs- bzw. Selbstentzündungsprozeß eine Starttemperatur von mehr als 70°C erforderlich ist; diese Starttemperatur wird bei

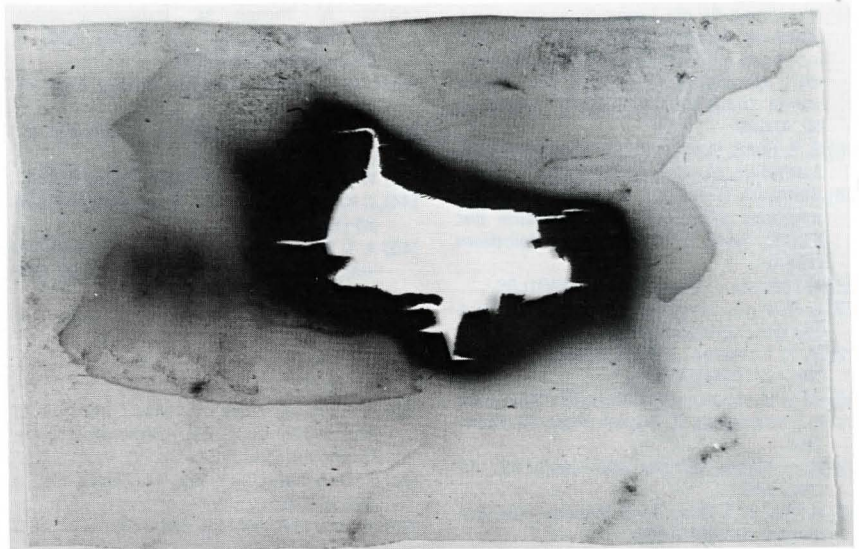


Bild 1. Gewaschenes und getrocknetes Stoffstück mit charakteristischen Spuren einer Selbstentzündung. Die Probe wurde einem noch nicht brennenden Stoffballen entnommen.

jedem Trocknen der gewaschenen Wäsche erreicht. Der zeitliche Verlauf eines Selbsterhitzungsvorgangs ist in Bild 2 gezeigt.

### Merkmale von Selbsterhitzungsvorgängen in textilen Materialien

Die Auswertung der Brände in den betroffenen Wäschereien ergab folgende übereinstimmende, signifikante Merkmale:

#### ● Zentrales Glutnest

Glutnester befinden sich stets im Inneren von getrockneten Wäschestapeln. Je nach Entwicklungsdauer der Selbsterhitzung können sie mehr oder weniger großvolumig sein und sich der Sichtprüfung entziehen. Brenzliger Geruch oder Geruch nach ranzigem Fett sind frühe Anzeichen eines sich ausbildenden Selbsterhit-

zungsvorganges vor Entstehung einer Glutzone!

Im fortgeschrittenen Stadium kann sich die Glutzone durch das textile Material so fortentwickeln, daß sich ein durchgehender Zerstörungskanal bis zur Außenfläche ausbildet. Durch den Luftsauerstoff entsteht dann ein Brand, der oft erst im fortgeschrittenen Stadium entdeckt wird und wegen der großen Brandlast der Lagerware zu erheblichen Schäden führt.

#### ● Hohe Induktionszeit

Nach der Wärmebehandlung beim Trocknen/Mangeln wird im allgemeinen eine relativ hohe Latenzzeit beobachtet, in der sich kaum eine Erwärmung zeigt. Nach einer Induktionszeit von 2–10 Stunden kann der Selbsterhitzungsprozeß jedoch zum

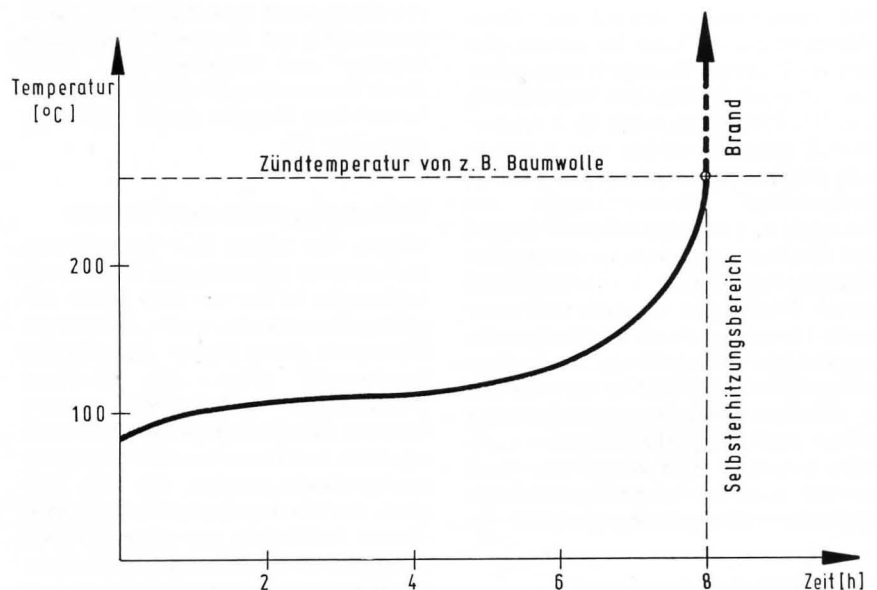


Bild 2. Temperatur-Zeit-Verlauf in einem Stapel von fettbelasteter, gewaschener und getrockneter Wäsche bis zur inneren Inbrandsetzung (Induktionszeit: 2–10 Stunden).

Brandausbruch führen. Diese Induktionszeit vergrößert die Gefahr in besonderem Maße, weil sie die Zündtemperatur bei üblicher Arbeitszeit in die Nachtzeit verschiebt, in der normalerweise die Wäschestapel unbeobachtet sind.

● **Waschgut gewaschen und getrocknet**

Gefährliche Selbsterhitzungsprozesse in ungewaschenem Waschgut sind nicht beobachtet worden. Das Waschgut, das sich erhitzte, war stets gewaschen, entwässert und voll getrocknet.

● **Trocknungsprozesse bei 70–180 °C**

In den Brandfällen hat die Wäsche vollgetrocknet vorgelegen; die Trocknungstemperaturen liegen dabei je nach Verfahren stets über 70 °C und erreichen bei Heißdampftrocknungsanlagen 180 °C. Das Textilmaterial ist meist in größeren Volumina gestapelt oder dichtgepackt auf Transportbändern gelagert oder regellos in relativ hoher Packungsdichte abgelegt.

Dieses Verfahren ergibt eine hohe Reaktionsstarttemperatur und gleichzeitig eine sehr gute thermische Dämmung ausgedehnter Bereiche des Textilmaterials und damit eine langdauernde Aufrechterhaltung einer hohen Temperatur für chemische Reaktionen in diesem Bereich.

● **Tierische oder pflanzliche Fette oder fette Öle**

Besonders gefährdet sind solche Textilien, die einen hohen Verschmutzungsgrad an tierischen oder pflanzlichen Fetten bzw. fetten Ölen aufweisen. Das sind Textilien aus den gastronomischen Betrieben, Metzgereien und Kosmetikfirmen.

● **Waschwasserzusätze**

Alle bekannten Waschwasserzusätze zeigen keinen Einfluß auf die beobachteten Selbsterhitzungsprozesse.

Die anschaulichen Merkmale geben dem Betreiber von Großwäschereien einen Hinweis für ein brandschutzgerechtes Verhalten und sind Grundlage der theoretischen Erklärung des Selbsterhitzungsvorgangs.

**Ursache der Selbstentzündungsprozesse**

Zum Verständnis der Selbsterhitzung, die bis zur Selbstentzündung führen kann, soll im folgenden auch der theoretische Hintergrund skizziert werden.

Unter Selbsterhitzung versteht man die innere Erwärmung eines Stoffes ohne Einwirkung einer äußeren Wärmequelle. Solche Vorgänge können mikrobieller

Natur (Heustockselbstentzündung) sein oder, wie im hier zu diskutierenden Schadenfall, auf einen noch zu erklärenden chemischen Prozeß zurückgeführt werden. Wird das sich selbst erhaltende Gut thermisch gedämmt oder verdämmt es sich selbst durch dichte Packung, so wird die Wärme praktisch nicht abgeleitet. Es kommt zur meßbaren Selbsterhitzung, weil mehr Wärme erzeugt wird, als abgeleitet werden kann. Die Temperatur steigt zunächst langsam an und erhöht die Reaktionsgeschwindigkeit schließlich so sehr, daß die Zündtemperatur des brennbaren Stoffes erreicht wird und die Selbstentzündung eintritt. Dieser Ablauf wird durch Temperatur, Druck, katalytische Einflüsse und durch große innere Oberflächen sehr begünstigt.

Die Textilstapel wirken im Hinblick auf die Selbstentzündung begünstigend:

- sie besitzen eine hohe innere Oberfläche, an der Luftsauerstoff eine sehr große Angriffsfläche vorfindet;
- die mit der hohen inneren Oberfläche einhergehende Porosität des Stapels bewirkt eine sehr schlechte Wärmeabfuhr und damit eine hervorragende Dämmung. Damit wird der Wärmeverlust der inneren Bereiche minimal;
- die Porosität begünstigt auch das Eindiffundieren von Luftsauerstoff auch in die inneren Bereiche zur Aufrechterhaltung der chemischen Reaktion im Inneren;
- der Stapel übt durch das Eigengewicht einen hohen Druck aus.

Die chemische Reaktion im Inneren der Wäschestapel besteht aus einer Reaktion des Luftsauerstoffs mit den vorhandenen Restfetten oder -ölen im textilen Material. Chemisch sind Fette oder fette Öle Ester aus Fettsäuren und Glycerinen, die in Wasser unlöslich, aber in organischen Lösungsmitteln relativ leicht löslich sind. Sie sind geruchlos und geschmackfrei, können jedoch bei längerem Zutritt von Luftsauerstoff bei höheren Temperaturen ranzig werden, d. h., es

bilden sich unangenehm riechende Ketone (s. Geruchsbildung bei beginnender Selbsterhitzung).

In den Fettsäuren sind Kohlenstoffatome enthalten, die durch eine sog. Doppelbindung an das benachbarte Kohlenstoffatom gebunden sind; statt der üblichen vier Nachbaratome haben diese Kohlenstoffatome dadurch nur drei Nachbarn. Die Doppelbindung ist labil und kann leicht durch Anlagerung eines vierten Fremdatoms, z. B. Luftsauerstoff oder Jod, aufgebrochen werden, wobei vier Einfachbindungen entstehen. Aus der ungesättigten Doppelbindung wird somit eine gesättigte Verbindung; dieser Umbau der Bindung verläuft exotherm, d. h. es entsteht Wärme. Je höher der Gehalt an ungesättigten Fettsäuren im verwendeten Fett oder Öl ist, um so mehr Wärme wird produziert. Durch eine quantitative Bestimmung der Menge von an 100 g Fett oder Öl anlagerbarem Jod wird die Zahl der Doppelbindungen bestimmbar; diese Menge, ausgedrückt in Gewichtsprozenten, wird als Jodzahl (IZ) bezeichnet (siehe Tabelle).

Wegen der hohen Jodzahl von Leinöl (IZ 170-200) sind schon bei normalen Umgebungstemperaturen leinöhlhaltige Lappen nach wenigen Stunden, furnishaltige Sägespäne nach vielen Stunden und baumwollsaatöhlhaltige Ballen (IZ 95-120) nach Tagen/Wochen selbstentzündlich. Die Fette und Öle wären bei einer Jodzahl unter 95 kaum selbstentzündlich. Hier treten aber gleichzeitig Effekte ein, die die Sauerstoff-Fettsäure-Reaktion sehr begünstigen: Feinverteilung der Fettsäuren, gute Wärmeisolierung, ausreichende Sauerstoffdiffusion, hohe Starttemperatur des textilen Materials nach vorangegangener Trocknung. Die hohe Starttemperatur hebt die bei Zimmertemperatur bestehende Reaktionshemmung auf und gibt Anlaß zu einer eskalierenden Wärmeproduktion.

**Zusammenfassung**

Die Auswertung von Brandfällen in Stapeln von gewaschener und getrockneter Wäsche und entsprechende

Jodzahl	Fette bzw. fette Öle	Öl-Einteilung
unter 95	Rizinusöl, Olivenöl, Erdnußöl, Kokosnußöl, Palmöl, Rindertalg, Hammeltalg, Schweineschmalz, Butterfett	nicht-trocknend
95-120	Baumwollsaatöl, Rüböl, Sesamöl, Maisöl, Walfischtran	halb-trocknend
120-200	Leinöl, Hanföl, Mohnöl, Lebertran, Holzöl	trocknend

Jodzahlen ausgewählter Fette und fetter Öle (Die Jodzahl beschreibt den Gehalt von ungesättigten Fettsäuren in den Fetten; zunehmende Jodzahl bedeutet zunehmende Selbsterhitzungsgefahr).

rekonstruierende Laborversuche zeigen übereinstimmend, daß in textilen Material, das aus Gewerbebetrieben mit einem hohen Anfall von pflanzlichen oder tierischen Fetten oder Ölen stammt, trotz üblicher, fachgerechter Waschprozeduren Restfette oder -öle zurückgehalten werden, die nach einer vorangehenden Trocknung oberhalb 70°C eine wärme-producinge Sauerstoffreaktion eingehen; infolge der dichten Lagerung wird die dabei entstehende Reaktionswärme im Inneren akkumuliert (Wärmestau) und ergibt einen Selbsterhitzungsprozeß, der nach Stunden zu einer so hohen Reak-

tionstemperatur führt, daß die Zündtemperatur des textilen Materials überschritten wird. Der dadurch entstandene Initialbrand im Inneren geht bei Erreichen der gut belüfteten Oberfläche des Stapels in einen offenen Flammenbrand über, durch den bei den zu erwartenden hohen Verzögerungszeiten (fehlende Beaufsichtigung) hohe Sachschäden entstehen können.

Die Kenntnis des Verlaufs und der Merkmale solcher Selbsterhitzungsprozesse gibt Wäschereien und deren Kunden nützliche Hinweise auf ein sicherheitsgerechtes Verhalten.

## Literatur

- [1] Auswertung von Brandschäden in Wäschereien durch kriminaltechnische Untersuchungen im BLKA und BKA
- [2] Schweiz. Wäschezeitung, Stäfa 12, 13 (1973)
- [3] Reiniger und Wäscher, 11, 21 (1977); K. Steiger
- [4] Tappi, 44, 194 A (1961); M. B. Cunningham
- [5] Textilreinigung, 30, 145 (1983); M. Richter
- [6] Schadenprisma, 15, 26 (1986); G. Hellmiß

# Brandausbreitung durch Feuerüberschlag an der Fassade

Von Norbert Thiel und Christoph Kunze

## 1. Begriff des Feuerüberschlagsweges

Der Feuerüberschlagsweg wird als Strecke zwischen Fensteroberkante der Brandraumöffnung und Unterkante des Fensters im darüberliegenden Geschoß definiert. Das Maß des Feuerüberschlagsweges ergibt sich aus der Höhe des Fenstersturzes und der Fensterbrüstung sowie der Dicke der dazwischenliegenden Deckenkonstruktion.

Man versucht zusätzlich durch horizontale Auskragungen den Feuerüberschlag zu verlängern.

Daß dem Feuerüberschlagsweg große Bedeutung zukommt, wird an folgendem Einsatzfernsehen der Berliner Feuerwehr deutlich:

besonderes am 07.01.87

0172 1740 460

ringlebenstr. 104, buckow, f3

im zweiten obergeschoß eines sechsgeschossigen wohngebäudes brannte eine dreizimmerwohnung in ganzer ausdehnung mit brandueberschlag ueber die hofseitigen fenster in das dritte und vierte obergeschoß...

Bei einem Feuerüberschlag über die Fassade entsteht folgender Phasenablauf:

- Die Fensterscheiben in einem über dem Brandraum liegenden zweiten Raum werden aufgrund der thermischen Belastung zerstört.

- In der Nähe der Öffnung befindliche brennbare Objekte, wie Gardinen, Vorhänge u. a. m., werden entzündet.
- Brennbare Objekte im oberen Raumdrittel werden gezündet.
- Herabfallende, brennende Teile setzen brennbare Gegenstände im unteren Raumdrittel in Brand.
- Der flash over erfolgt im Raum [1].

## 2. Kenngrößen eines Brandes

Bereits seit längerer Zeit beschäftigt man sich mit Brandversuchen, um nähere Einblicke in das Brangeschehen zu erlangen.

Es wurden sowohl Modellversuche als auch Versuche im Maßstab 1:1 durchgeführt [3], [12]:

Zwischen den einzelnen Faktoren eines Brandes konnten die folgenden Beziehungen festgestellt werden.

### 2.1 Branddauer

Die in einem Brandraum gelagerte Brandlast beeinflusst mit ihrer Größe, den Lagebedingungen und sonstigen Eigenschaften die effektive Branddauer.

Hält man die anderen, noch zu erläutern den Randbedingungen konstant, gilt folgende Aussage:



Vollbrand eines Raumes. Feuerüberschlag gefährdet den Dachkasten.  
Foto: Ullstein GmbH

Norbert Thiel, Diplom-Nautiker, Brandoberinspektor-Anwärter  
Christoph Kunze, Dipl.-Bau-Ing., Brandrat  
Berliner Feuerwehr