

# Brände in Lackspritzkabinen und ihre Verhütung

Dr. Wilhelm Jach

Es ist notwendig, auf Fertigteilen aus Holz und Metallen Schutzschichten anzubringen, die den Gebrauchsgegenstand gegen Korrosionen und sonstige Oberflächenbeschädigungen schützen. Die Zahl der heute von der Lack- und Farbenindustrie angebotenen Lacke und Beschichtungsmittel ist außerordentlich mannigfaltig, wie die nachfolgende, nicht vollständige Zusammenstellung ergibt. Dies gilt sowohl für die festen Grundkörper dieser Lacke als auch für die Lösungsmittel bzw. verwendeten Lösungsmittelgemische, wie die nachfolgende Zusammenstellung zeigt:

Nitrocelluloselacke

Zaponlacke

Kombinationslacke mit Nitrocellulose

Öllacke

Spirituslacke

Asphallacke

Alkydharzlacke

Acrylharzlacke

Polyesterharzlacke

Polyurethanlacke

Polystyrollacke

Cyclokautschuklacke

Kumaronharzlacke

Acetylcellulose- und Celluloseacetobutyralacke

Celluloseätherlacke

Phenolharzlacke

Harnstoffharzlacke

Melaminharze

säurehärtende Lacke

kalthärtende Epoxidharze

Einbrennlacke auf Epoxidharzbasis

Epoxidharzesterlacke

Flüssigkeitskunststoffe auf Epoxidharzbasis

Siliconharzlacke

Polymerisationsharzlacke

Polyvinylchloridlacke

Polyvinylchloridacetatlacke

Polyvinylacetatmischpolymerisatlacke

Polyvinylacetatlacke

Vinylidenchloridmischpolymerisatlacke

Chlorkautschuklacke

Die Aufbringung der Lacke erfolgt:

- a) durch Tauchen
- b) durch Spritzen mit Spritzpistole (ohne statische Aufladung)
- c) durch Spritzen mit Spritzpistole (mit statischer Aufladung des zu spritzenden Gegenstandes)

Brand- und Explosionsgefahren ergeben sich:

- a) aus der Brennbarkeit und der hohen Verdunstungsgeschwindigkeit der verwendeten Lösungsmittel.
- b) aus möglichen Selbstzersetzungsreaktionen bzw. Reaktionen zwischen unterschiedlichen Festkörperschichten der Lacke an deren Berührungsschicht.

Zur Vermeidung der hohen Brand- und Explosionsgefahr bzw. des hohen Versicherungsrisikos, das sich aus den hohen Lösungsmittelanteilen von Spritzlacken (meist etwa 30 % fester

Grundkörper bei 70 % Lösungsmittelanteil) ergibt, wird heute in metallverarbeitenden Betrieben weitgehend zum Pulverspritzverfahren übergegangen, wo Kunstharzpulver auf das elektrisch aufgeladene Spritzgut gesprüht wird. Die Pulverschicht wird dann in Wärmeöfen bei 300 bis 320 °C in einen dünnen, homogenen, blanken Lackfilm umgewandelt und eingebrannt. Aber auch hier sind Brandgefahren nach unseren Untersuchungen nicht ganz auszuschließen: Es fällt beim Durchlaufen der pulverbeschichteten Formteile im Tunnelofen Harzpulver ab, das sich am Boden des Ofens sammelt und durch Dauerwärmebelastung zu unangenehm verlaufenden Glimmbränden gezündet wird.

Nachfolgend wird über 3 typische Brandfälle berichtet, die sehr anschaulich die Hauptgefahrenmomente bei derartigen Einrichtungen aufzeigen:

## Fall I (Bilder 1–4)

In der Spritzlackierabteilung eines Atemschutzgerätekwerkes brach ein Brand aus, der die gesamte Anlage und anliegende Räume total zerstörte.

## Brandherdbeschreibung

Der Spritzraum hatte eine Größe von 7,7 x 5,5 m bei einer Raumhöhe von

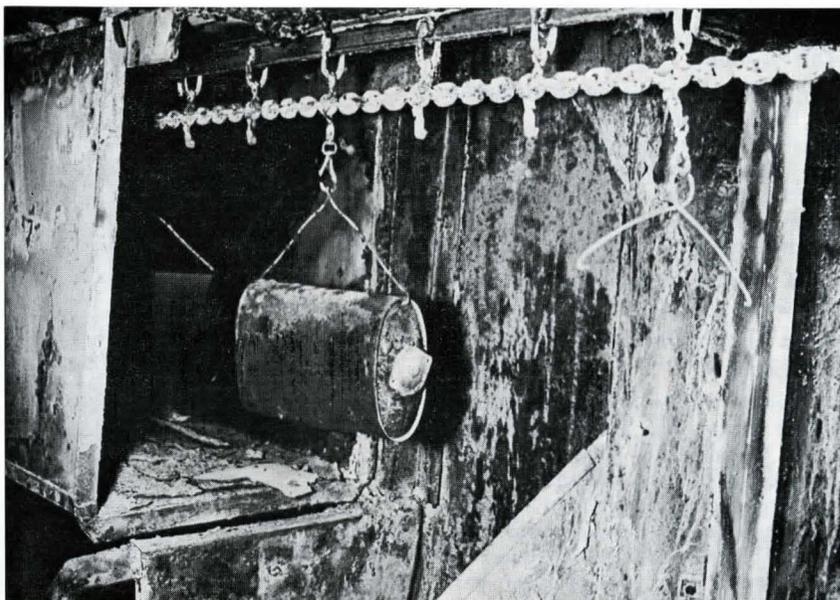


Bild 1. Ansicht des Transportbandes in der Kammer der Infrarotspritzanlage.

Dr. rer. nat. Dipl.-Chemiker Wilhelm Jach, Leiter des Laboratoriums für Brandschutztechnik der Schleswig-Holsteinischen Landesbrandkasse, Kiel.

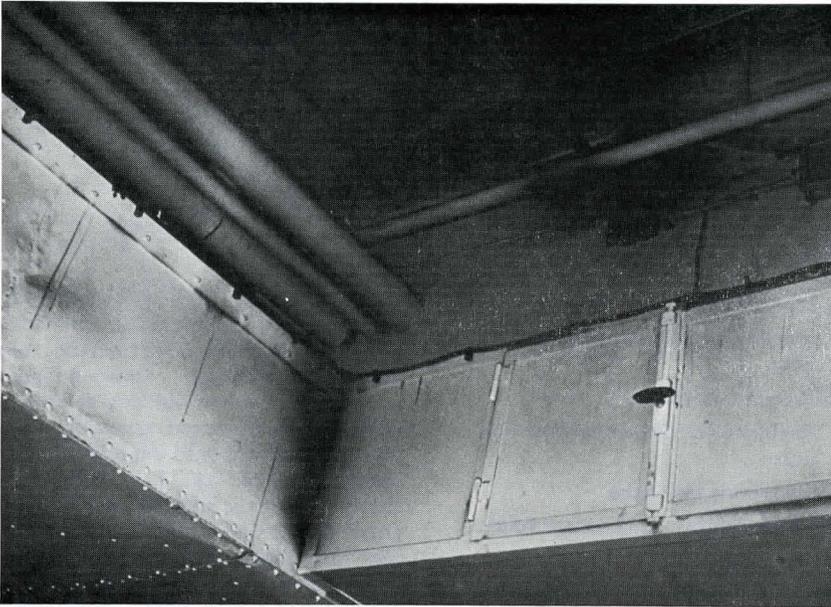


Bild 2. Transportkanal mit Schwärzungen.

4,4 m. Er hatte zwei gegenüberliegende feuerbeständige Zugänge. Bemerkenswert erscheint hinsichtlich der brandschutztechnischen Gesamtsituation, daß er nicht nur als Spritzraum, sondern auch (unzulässig!) als Lagerraum verwendet wurde. Außer der Spritzkabinenanlage befand sich dort eine Schleuderanlage sowie diverse Schränke mit Farbvorläufen.

Auf einem 1,4 m hohen Podest aus Stahlgerüst und Stahlplatten befand sich die eigentliche Spritzkabine mit zwei gegenüberliegenden Spritzständen. Die Ausmaße des Podestes betragen  $3,0 \times 2,5 = 7,5 \text{ m}^2$ . In der rechten Kabine wurde lufttrocknender Kunstharzlack, in der linken Kabine eine andere Lacktype verwendet, die nach dem Infrarottrocknungsverfahren gehärtet wurde.

Über die brandtechnischen Eigenschaften konnten zunächst keine Einzelheiten in Erfahrung gebracht werden. Das Bedienungspersonal war nur schlecht über die Eigenschaften der beiden Lacktypen orientiert. Nach ihrer Ansicht ergab sich:

- a) die „infrarottrocknenden Lacke“ brennen bei ca.  $300^\circ\text{C}$
- b) der „lufttrocknende Lack“ brennt bei ca.  $120^\circ\text{C}$

Auf beiden Seiten des Spritzstandes befand sich ein aus Stahlblech ausgeführter Kanal. Durch diesen läuft die Förderkette mit dem angehängten, zu spritzenden Gut. Die beiden Kabinen besitzen je eine Absaugeeinrichtung, deren Abführungsrohre sich kurz vor der Raumwand zu einem Rohr vereinigen. Das Hauptrohr geht dann in das noch größere Hauptabsaugerohr

über. In diesem ist der sehr leistungsstarke Lüfter mit Motor angebracht, der selbstverständlich explosionsgeschützt ausgeführt ist. In den Absaugekabinen waren folgende Filter angebracht:

1. Filter für Infrarotlacke: Füllung aus großen und kleinen Sägespänen.
2. Filter für lufttrocknende Lacke: Lammellenartig angeordnete Papp-

scheiben zur Vergrößerung der wirksamen Filteroberfläche.

Beide Filter wurden im regelmäßigen Turnus je nach der Menge durchgesetzten Lackes ausgewechselt. Am Brandtag wurde in der Infrarotlackkabine ohne Filteraustausch lufttrocknender Lack verspritzt.

Die Untersuchung des Brandraumes mit nachfolgender Laborüberprüfung ergab, daß eine Putzklappenselbstentzündung bzw. Selbsterhitzung im Brandraum nicht vorgelegen hatte.

Die Untersuchung der Absaugerohre, insbesondere des Inneren dieser Rohre ergab, daß der Brand sich aus dem Rohrrinnenraum in den Spritzraum hinein entwickelt hatte. Der Brandschwerpunkt konnte im Ventilatorbereich abgegrenzt werden. Bei Aufschneiden des Absaugerohres ergaben sich folgende Einzelheiten:

- a) Vor dem Brand hat ein schichtstarker Ansatz von Lackgrundkörpern (Nitrolack) vorgelegen.
- b) Dieser Ansatz ist mit Sicherheit unter Berücksichtigung der Schichtstärkenveränderung durch den Abbrand mehrere Zentimeter stark gewesen; unserer Schätzung nach etwa 3–5 cm.
- c) Der Zwischenraum Rohrwand/Ventilatorflügel war am Brandtag vollständig mit den Lackrückständen des verwendeten Nitrolackes dichtgesetzt, wie unsere Rekonstruktion ergab.

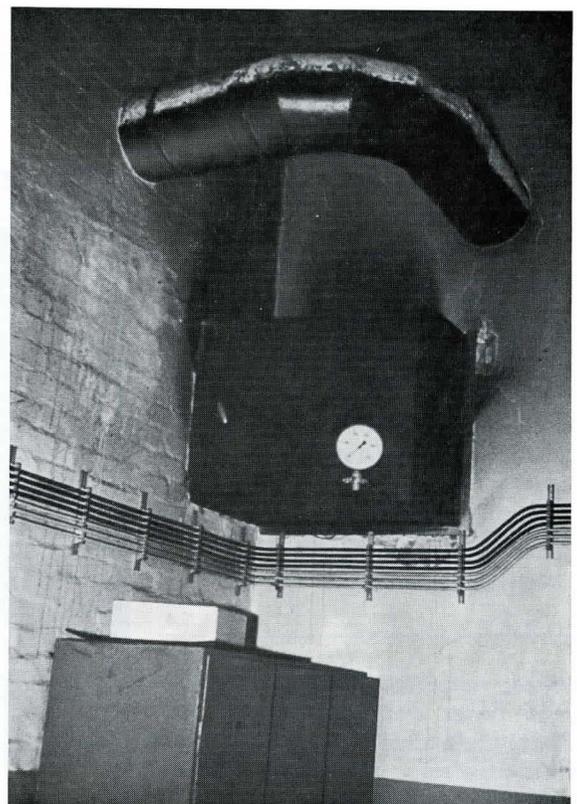


Bild 3. Absaugeleitung zum Ventilator mit starker Hitzeeinwirkung.

- d) Bei der Demontage des Ventilators wurde noch eine Menge von mindestens 3000 cm<sup>3</sup> an hitze- und wärmebelasteten Lackgrundkörpern sichergestellt.
- e) Die Brandspuren, auch an den sichergestellten Lackschichten lassen erkennen, daß die Lackablagerungen im Ventilator primär eine Oberflächenzündung erfahren hatten, d. h. durch Reibungseffekte mit Wärmeentwicklung an der Grenzfläche Ventilatorflügel–Lackkrustenoberfläche ausgelöst wurden. Da in den anschließenden Rohrrinnenflächenbereichen auch Krusten von Lackgrundkörpern abgesetzt waren, konnte sich der Brand im Absaugesystem schnell und intensiv entwickeln und somit schnell mit heißer Flamme in den Spritzraum austreten und dort vorrätige Lacke entzünden.



Bild 4. Demonstration der starken Ablagerungen am Ventilrad.

Zusätzlich wurden die festen Grundkörper sowohl der originallufttrocknenden als auch der originalinfrarottrocknenden Lacke isoliert und auf ihre brandtechnischen Daten hin eingehend untersucht. Dabei wurden in unserem Laboratorium folgende Beobachtungen gemacht:

Es wurden bestimmt:

Flammpunkt

Brennpunkt

Selbstzündpunkt an heißen Oberflächen

a) Infrarottrocknender Lack:

Flammpunkt	Brennpunkt	Selbstzündpunkt
155 °C	181 °C	nicht meßbar
153 °C	182 °C	nicht meßbar
159 °C	189 °C	nicht meßbar

b) Lufttrocknender Lack:

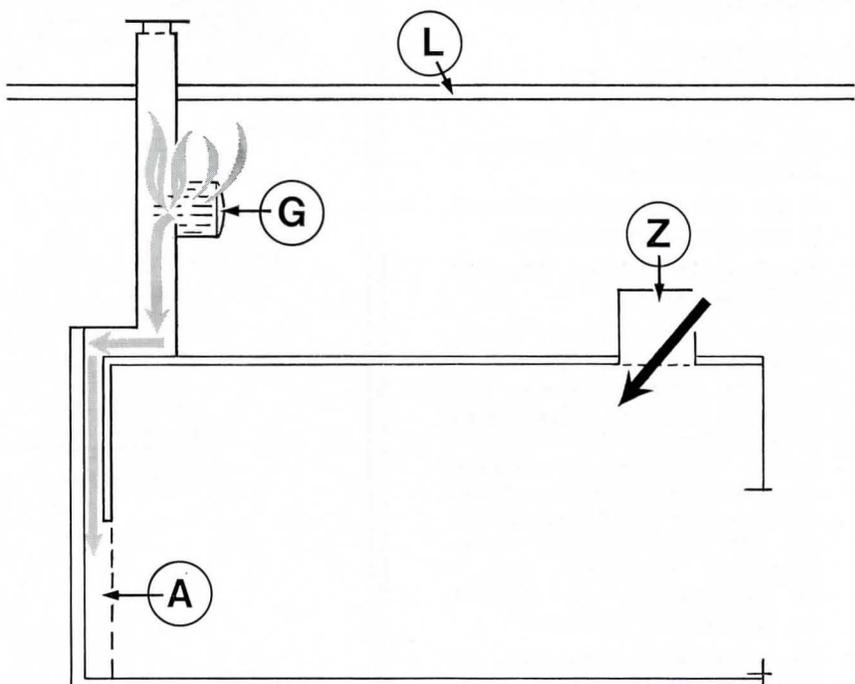
Flammpunkt	Brennpunkt	Selbstzündpunkt
171 °C	205 °C	nicht meßbar
172 °C	208 °C	nicht meßbar
170 °C	210 °C	nicht meßbar

Aus der Tatsache, daß entgegen der üblichen Gepflogenheit des Betriebes Lack 1 und Lack 2 auf gleichem Spritzstand gespritzt wurden, sich also schichtweise überlagerten, ergab sich labormäßig die Notwendigkeit, diese Vorgänge im Modellversuch eingehend zu überprüfen. Bei langfristiger, schichtweiser Überlagerung beider Lackgrundkörper wurden in der Berührungsfläche keine Temperaturerhöhungen gemessen. Damit sind exotherme Reaktionen zwischen beiden Lacktypen in deren Berührungsbereich unseres Erachtens mit hinreichender Sicherheit auszuschließen.

Die Brandauslösung ist somit auf Reibungseffekte an der Grenzfläche Ventilatorflügel – Lackablagerungsflächen (vergleiche Abs. e) zurückzuführen. Durch Versuche konnte die starke Empfindlichkeit der Ablagerungen gegen Reibeeinwirkung nachgewiesen werden.

Fall II (Bild 5)

In einem Werk, das Fertighäuser herstellt, ereignete sich in einem relativ großen Spritzlackiererraum eine schwere Explosion mit nachfolgendem Brand. Decken, Wände und die gesamte technische Einrichtung des Spritzlackiererraumes erlitten schwerste Schäden.



L = Leichtbaudach (als Warmdach ausgebildet)

G = Gebläse (Abzug)

Z = Zuluft aus der Halle über 2 Ansaugklappen (Zuluft leicht vorgewärmt)

A = Abzugöffnung **ohne** Filter

Bild 5. Seitenriß der Spritzkabine (die Kabine entspricht **nicht** den Vorschriften). Breite 5,0 m, Länge 6,0 m, Höhe 2,95 m. Zugang: 2 feuerhemmende Türen, Höhe 1,80 m, Gesamtbreite 1,43 m.



Bild 6. Brandausbruch in einem Tauch-, Beiz- und Spritzlackiererraum eines Sitzmöbelwerkes.

#### Betriebsart in der Spritzlackiererei:

Die Fertigbauteile wurden in dem Spritzraum (vergleiche Skizze) mit Grundier- und Nitrolackauftrag versehen. Der Spritzraum hatte eine vorschriftsmäßige Absaugevorrichtung mit Filter im Ansaugbereich. Die Filter wurden mit Sicherheit regelmäßig, jedoch in unterschiedlichen Abständen, je nach Lackdurchsatz gereinigt und die Filtereinlagen vorschriftsmäßig und ausreichend häufig ausgewechselt. Im mehrjährigen Betrieb dieser Anlage waren bisher keine Brand- und Explosionsvorgänge beobachtet worden.

#### Auslösung der Explosion und des Folgebrandes:

- Die vorgefundenen Brandspuren ließen erkennen, daß
  - aus dem Montagehallenbereich
  - aus dem Spritzraumbereich die Explosion nicht ausgelöst worden sein konnte.
- Wände und Decken des Spritzraums wiesen einen gleichmäßig verteilten, starken Rußbelag auf, der allein auf einen Folgeabbrand zurückzuführen war. Hier waren die vorrätig gehaltenen Nitrolackvorräte offensichtlich abgebrannt. Der Antriebsmotor des Absaugegebläses war vorschriftsmäßig explosionsicher ausgerüstet und in der Montagehalle außerhalb der Spritzkabine angebracht.
- Der größte Teil der Gitterstäbe des Filterrostes an der Absaugewand im Spritzraum war durch Druckwellenwirkung stark verbogen. Es hatte offenbar im Absaugesystem eine druckstarke Explosion stattgefunden. Die Lackgrundkörperkrusten an den Rohrinneiwandungen wiesen an deren Oberfläche auffällig starke Verkohlungen auf.

- Die Bestätigung, daß die Explosion im Bereich der Ventilatorflügel, offensichtlich durch Reibungswärmeeffekte, ausgelöst wurde, ist aus der auffällig starken, verkohlten und koksartig aufgeblähten Lackgrundkörperschicht auf den Ventilatorflügeloberflächen mit Sicherheit ableitbar.

Die Laborversuche ließen folgende Einzelheiten an den sichergestellten Lackresten erkennen:

- Das Lösungsmittelgemisch hatte einen Flammpunkt unter  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ , war aber an der Auslösung des Schadens nicht beteiligt.
- Der Originallack (Nitrolack) bestand zu 75 % aus Lackverdünner und zu 25 % aus festem Grundkörper (Nitrocellulose).
- Der sichergestellte Lackgrundkörper aus dem Ventilatorbereich wies starken Alterungseffekt ( $\text{O}_2$ -Abspaltung aus den  $\text{NO}_3$ -Resten) auf.
- Während fabrikfrischer Nitrolackgrundkörper aus dem Betrieb einen Flamm-, Brenn- und Selbstzündpunkt von 170 bis  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Mittelwert  $175\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) aufwies (Flamm-, Brenn- und Selbstzündpunkt fallen bei Nitrocellulosegrundkörpern nach unseren Untersuchungen stets zusammen), ergaben sich am sichergestellten Nitrolackgrundkörper aus dem Ventilatorbereich folgende Werte:

a) Flammpunkt:  $134\text{ }^{\circ}\text{C}$

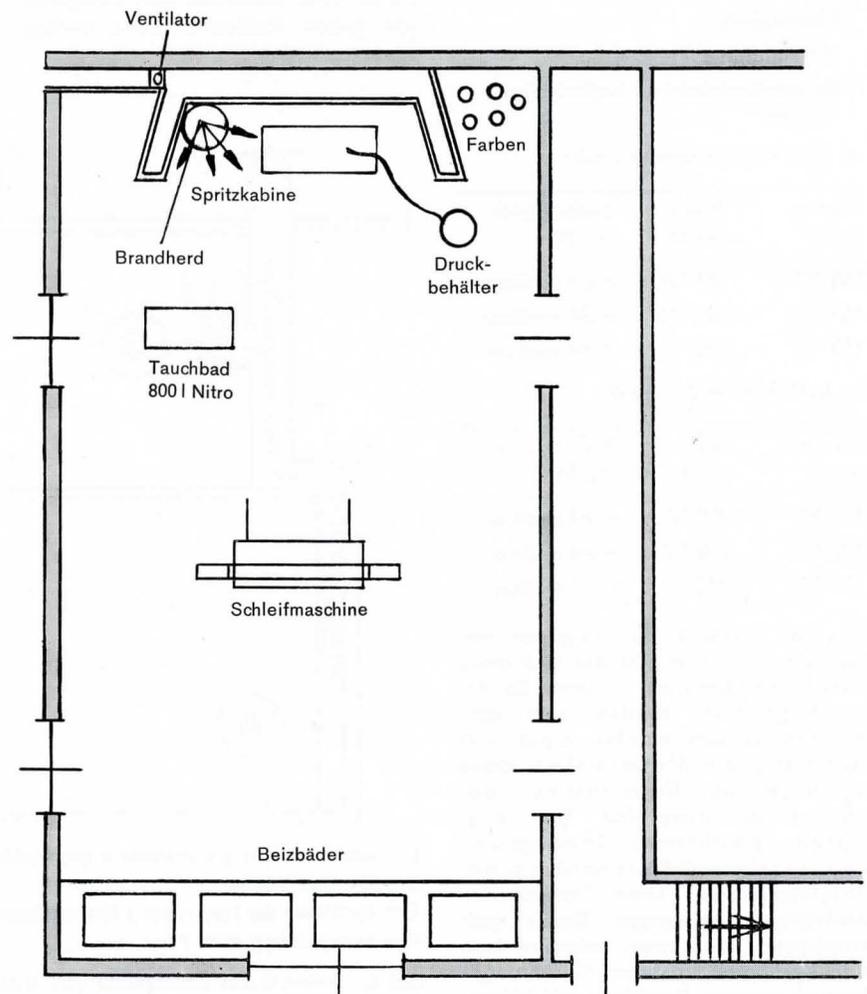


Bild 7. Tauch-, Beiz- und Spritzlackiererraum eines Sitzmöbelwerkes.

b) Brennpunkt: 141 °C

c) Selbstzündpunkt: 141–148 °C

Das Lackgrundkörpermaterial war somit besonders empfindlich gegen bereits kleine Temperaturbelastungen, wie leichte mechanische Reibungseffekte sie bewirken. Aus unseren Untersuchungen zeigten sich folgende zwei Faktoren, die den Brand auslösten:

1. Wärmereizender Dauerreibungseffekt zwischen Ventilatorflügel und krustenartigen Nitrolackablagerungen an der Absaugeinnenwand.
2. Wärmeabgabe eines heißgelaufenen Lagers des Ventilators und Wärmebelastung an dem abgesetzten Lackgrundkörper, der dadurch in eine exotherme Zersetzungsreaktion getrieben wurde.

Dieses Beispiel zeigt einmal mehr, daß der Reinigung von Spritzkabinen und Absaugeventilatoren verstärkte Aufmerksamkeit zu schenken ist. Die durchzuführenden periodischen Reinigungen sind der jeweiligen Durchsatzmenge an Nitrolack anzupassen, d. h. verstärkter Durchsatz macht eine häufigere Reinigung bzw. Auswechslung der Filtereinlagen notwendig. Insbesondere die Sicherheitsingenieure in den Betrieben sollten angehalten werden, besonders auf diese Erfahrungen im Betrieb von Spritzkabinen zu achten.

### Fall III

In einem Sitzmöbelwerk brach ein Brand aus, der das gesamte Obergeschoß des Fabrikgebäudes zerstörte. Es entstand ein Gesamtschaden von ca. 2,0 bis 2,5 Mio. DM Schaden (siehe Bild 6).

Der Spritzlackierraum hatte eine Größe von ca.  $5 \times 10 \text{ m} = 50 \text{ m}^2$  bei einer Raumhöhe von ca. 3,0 m. Der Raum war feuerbeständig im Obergeschoß (Dachgeschoß) des Fabrikgebäudes abgetrennt. Zugänglich war er wegen der sperrigen Stuhlgestelle durch zwei doppelflügelige Feuerschutztüren, die den Normbedingungen entsprachen. Linker Hand vom Eingang (siehe Bild 7) war die Beizabteilung eingerichtet, wo die Stuhlrohlinge gebeizt wurden. Da je nach Holzart verschiedene Beizlösungen erforderlich waren, waren mehrere Beizlösungsbecken angesetzt. Für die Nitrolackgrundierung war ein Tauchbehälter mit einem Fassungsvermögen von 800 Liter Nitrogrundierlack montiert, der mit einem automatisch verschließenden Sicherheitsdeckel versehen war. Die Feuerschutztüren I und II waren mit Fischerriegeln versehen. In der Nähe des Tauchbeckens war eine Feinschleifanlage eingerichtet, wo die Stuhlrohlinge vor der Lackierung eine letzte Oberflächenglättung erfuhren. Der Feinstaub mit großer

spezifischer Oberfläche wurde nicht abgesaugt und gesammelt. Er trat frei in den Raum aus. Die Beheizung erfolgte durch Luftheizer, die von der Dampfheizung des Fabrikgebäudes gespeist wurden.

Beide waren mit Metalljalousien versehen, die bei 70 °C sich automatisch schlossen, um eine Brandübertragung in weitere Räume des Dachgeschosses zu vermeiden.

Die Spritzkabine war 3 m breit und 2 m tief. Die lichte Höhe betrug ca. 2,0 m. Die Seitenwände und Rückwand wurden mit Trennwachs bestrichen, um die Lackansammlungen besser beseitigen zu können. Die Rückwand war teilweise als Filterfläche mit Filtereinsatz ausgebildet (siehe Bild 8).

Als Boden der Spritzkabine diente der leicht unebene Betonboden des Raumes. Die Spritzpistolen wurden aus einem Druckbehälter gespeist. Die elektrische Anlage entsprach den VDE-Vorschriften für explosionsgefährdete Betriebsräume.

Das Gebläse war hinreichend leistungsstark und führte die Lösungsmitteldämpfe auf dem kürzesten Wege ins Freie ab.

### Verwendete Lacktypen:

- a) Nitrolack
- b) Nitrogrundierlack
- c) Polyester – 2 Komponentenlack mit 10 % Härter (organische Peroxide)

Der Lackdurchsatz pro Tag betrug nach unseren Ermittlungen:

- a) Nitrohartlack: ca. 60 kg/Tag
- b) Polyesterharzlack: ca. 1,0 bis 1,5 kg/Tag

c) Grundierlack (Tauchbecken): ca. 20 bis 25 kg/Tag

Gerade in der Spritzkabine erfolgte gleichmäßig ein sehr hoher Nitrolackdurchsatz. An Lackvorräten waren am Brandtage (außer dem neu aufgefüllten Tauchbad) ca. 100 bis 120 kg in Blechgebinden im Raum gelagert, d. h. mehr als ein Tagesdurchsatz (Bild 9). Die Wände und der Boden der Spritzkabine wurden alle 14 Tage nach Betriebsvorschrift gereinigt. Am Brandtage lag die letzte Reinigung aber wegen Auftragsüberlastung mehr als 3 Wochen zurück, d. h., es lagen sehr dicke Lackrückstandsansammlungen an den Spritzkabinenwandungen vor.

Gegen 15.15 Uhr des Brandtages wurde der Raum wieder gereinigt, d. h., die Reinigung ging in folgenden Etappen vor sich:

1. Der größte Lackkrustenansatz wurde mit den Händen entfernt.
2. Grobreinigung mit Kokosbesen (Wände abfegen, am Boden zusammenfegen)
3. Aufnehmen der abgelösten Lack-schichtplatten vom Betonboden der Kabine mit Stahlblechschaufeln.
4. Seiten- und Rückwand der Kabine mit dem Kokosbesen nochmals abgeklopft.
5. Betonfußboden in der Kabine mit Stahlspachtel abgekratzt.
6. Gelöste Schichten vom Fußboden mit Stahlblechschaufeln in die Transportkarre gegeben.



Bild 8. Spritzkabine mit dampfbeheizten Wärmeaustauschern.



Bild 9. Unzulässige große Lagermenge an Nitrolack.

Gegen 15.58 Uhr entstand der Brand wie folgt:

1. Es wurde eine fast runde, ca. 3 qcm große Glutfläche in der Lackierkrustenschicht der hintersten Ecke der linken Kabinenseite beobachtet.

Der Versuch, diesen Glutflächenbereich aufzunehmen und fortzutragen, schlug fehl.

2. Es kam zu einer starken Rauchentwicklung in der Kabine, die sich schnell steigerte und den ganzen Raum undurchsichtig machte.
3. Durch den Einsatz eines Handfeuerlöschers mit Universalpulver wurde durch den hohen Ausspritzdruck eine Menge von Glutteilchen des Nitrolackes in dem Raum verwirbelt. Die Folge war ein schnell sich ausbreitender Flächenbrand auf dem Fußboden, insbesondere im Spritzkabinenbereich.

Unsere Untersuchungen an den einzelnen Lacktypen, wie sie im brandbetroffenen Betrieb verwendet wurden, führen zu folgenden wesentlichen Ergebnissen:

1. Der ausgehärtete, ungesättigte Polyesterharzlack zeigte keinerlei Selbsterhitzungs- und Selbstentzündungstendenzen. Der Flammpunkt schwankte je nach Herstellerfirma zwischen 190 und 200 °C. Der Brennpunkt (Methode: offener Tiegel) schwankte zwischen 230 und 240 °C, ebenfalls je nach Herstellerfirma.
2. Der Selbstzündpunkt des ausgehärteten Lackes (Zündung an heißen Flächen) lag sehr hoch, zwischen 450 und 480 °C, und war

ebenfalls leicht abhängig vom Fabrikat der jeweiligen Herstellerfirma.

3. Die verwendeten Härter (organische Peroxide) zeigten Flamm- und Brennpunkte zwischen 40 und 85/90 °C. Die Brennpunkte können mit dem Flammpunkt zusammenfallen oder aber leicht erhöhte Werte von 64 bis 90 °C (je nach Herstellerfirma) aufweisen.
4. Die brandgefährliche Selbstersetzungstemperatur der Härter lag, je nach untersuchter Type, zwischen 55 °C und 140 °C.

Die Zündung zum Flächenbrand in der Spritzkabine erfolgte somit nach unseren Laboruntersuchungen durch ein Ineinandergreifen von mehreren exothermen Reaktionen:

1. Die Härter lagern ihren aktiven Sauerstoff in Form von zerfallenslabilen Sauerstoffbrücken an die ungesättigten Kohlenstoffdoppelbindungen des zunächst ungesättigten Polyesterharzes.
2. Nicht voll ausgehärtete, ungesättigte Polyesterharzlacke sind deshalb gegen mehr oder weniger starke Wärmeeinwirkungen gesteigert brandempfindlich.
3. Die gleiche Eigenschaft zeigt aber auch ein gealterter, mit dem Luftsauerstoff in Verbindung stehender Nitrolackgrundkörper, der bereits bei nur geringfügig gesteigerten Umgebungstemperaturen eine exotherme Selbsterfallsreaktion erleiden kann.
4. Bei großflächiger Berührung beider schichtförmig verteilter Lackgrundkörper im nicht voll ausgehärteten Zustand kann durch begünstigenden Einfluß beider Eigenschaften ② und ③ deshalb eine akute Selbsterhitzung bis zur Steigerung einer akuten Selbstentzündung an der Grenzfläche beider Lacke ausgelöst werden.

Unsere experimentellen Bemühungen, diesen Vorgang im Modellversuch nachzuvollziehen, haben aber gezeigt, daß es offensichtlich außerordentlich schwierig ist, derartige Selbstentzündungsreaktionen im labormäßigen Modellversuch darzustellen.

Der Fall III zeigt also, daß kleinste Verstöße gegen die Brandschutzvor-



Bild 10. Moderne Spritzkabine mit Wasserberieselung an Rückwand und an Seitenwänden.