

Bild 4.
Darstellung einer Entrauchungsanlage

Bei Verwendung von metallischen Systemen mit Mineralwoll-Isolierung muß auf den Einsatz von Revisionsöffnungen verzichtet werden.

Auch ist der hohe Ausdehnungskoeffizient des erwärmten Materials zu bedenken. Insbesondere bei großen Längen sind Dehnungsausgleicher unerlässlich. Die Ausführung ist in der DIN 4102 vorgegeben.

Kanalbreiten über 600 mm müssen insbesondere in den Durchbrüchen zusätzliche Stützkonstruktionen erhalten.

Bei Calcium-Silikat-Kanälen kann die Ausdehnung unbeachtet bleiben. Werden solche Kanäle als Druckkanäle verwendet, ist Leakage hier das besondere Problem. Deshalb sollten die Druckkanäle möglichst kurz gehalten werden.

Bei der Entrauchung mehrerer Brandabschnitte müssen die Leitungen für jeden Abschnitt getrennt bis in die unmittelbare Nähe des Ventilators geführt werden. Dabei sollten Rettungsbereiche nicht an

andere Entrauchungsabschnitte angeschlossen werden, damit beim Auftreten eines Brandes außerhalb des Rettungsweges mit dem Auslösen der Entrauchungsanlage nicht automatisch ein Unterdruck im Rettungsbereich entsteht. Beim Zusammenführen mehrerer Kanäle ergeben sich komplizierte Formteile. In diesem Fall sollte überlegt werden, ob der Sammelkasten nicht aus Beton bauseitig hergestellt werden kann. Das gilt auch für sehr hohe Drücke.

Die Anordnung des Kanalsystems und der Nachströmung sollte möglichst zu einer Durchspülung des gesamten Raumes führen.

3. Elektrische Ausrüstung

Die elektrische Ausrüstung besteht im wesentlichen aus der Zuleitung, der Schalttafel zur Aufnahme des Schützes und der Steuerung,

der Leitung von der Schalttafel zum Ventilator und

der Steuerleitung von der Auslösestelle zum Schaltschrank.

Die Zuleitung muß unmittelbar hinter der Hauptverteilung abgenommen werden. An diese Leitung dürfen keine anderen Verbraucher angeschlossen sein. Sie darf auch nicht in dem zu entrauchenden Raum oder einem anderen brandgefährdeten Raum ungeschützt verlegt sein.

Die Schalttafel muß ebenfalls in einem Raum installiert werden, der keiner Brandgefährdung ausgesetzt ist. Auf eventuelle Wärmeentwicklung ist zu achten. Ist der Entrauchungsventilator in eine normale Zu- und Abluftanlage integriert, müssen zwei Zuleitungen gelegt werden. Die vorgenannten Bedingungen gelten nur für die Entrauchung.

Die Lage der Auslösetaster wird im Baugenehmigungsverfahren festgelegt. Diese werden normalerweise an den Zugängen bzw. den Angriffswegen der Feuerwehr mit Hinweisschildern nach DIN 4066 installiert. Eine automatische Auslösung durch Rauchmelder sollte abgestimmt werden. Es ist durchaus möglich, daß die Feuerwehr eine selbsttätige Auslösung nicht gutheißt und sich die Einschaltung selbst vorbehalten möchte.

Beim Einsatz von Reparaturschaltern, wenn der Ventilatorstandort nicht von der Schalttafel einzusehen ist, muß die Manipulation durch Unbefugte ausgeschlossen werden.

Die Reparaturschalter müssen so plaziert sein, daß sich erwärmende Gehäuseteile wie Lagerbock und Grundrahmen ausreichenden Abstand haben und keine Beinträchtigung eintritt.

Leitungswasserschäden als Folge ungewöhnlicher Einflüsse und besonderer Betriebsbedingungen

Otto Wollrab

Während in der vorhergegangenen Abhandlung („schadenprisma“ 1/86, „Die Loch- und Muldenkorrosion im Zusammenhang mit der Qualität des Wassers und als Folge von Materialfehlern, Leistungsmängeln und Fahrlässigkeit“) ausschließlich Korrosionsarten und -ursachen sowie ihre Varianten bei den unterschiedlichen Werkstoffen, insbesondere bei der Trinkwasserversorgung, beschrieben wurden, sollen hier Schadenereignisse erörtert werden, die auf außer-

gewöhnliche Einflüsse zurückzuführen sind. Dabei sind unter diesem Sammelbegriff im weitesten Sinne auch Gewaltbrüche als Folge von Montagefehlern und Einwirkung von Wasserdruck und Frost zu verstehen.

Wasserdruck und alkalische Einflüsse

Werden der Hausinstallation relativ große Wassermengen entnommen, fällt der Wasserdruck entsprechend stark ab. Wird die Wasserentnahme dann durch Betätigen von Schnellschlußventilen (Hebelventile u.ä.) abrupt gestoppt, schlägt der Vordruck der Versorgungsleitungen voll in die Hausinstallation. Da

dieser Vorgang spontan erfolgt, wird nicht selten der Vordruck, zwar nur kurzzeitig, erheblich überschritten (Druckschlag). Dabei können insbesondere Kupferleitungen, aber auch Stahlrohrinstallationen aufplatzen bzw. die Verschraubungen zerreißen.

Beispiel 1:

Im Versorgungsbereich eines relativ kleinen Wasserwerks, dessen Versorgungsnetz als Folge zahlreicher Neuanschlüsse unterdimensioniert war und bei dem daher der Netzdruck bis zur Grenze der zulässigen Maximalbelastung (ca. 15 bar) erhöht wurde, häuften sich Schäden durch Druckschlag. Als prophylaktische

Otto Wollrab,
Institut für Schadenverhütung und
Schadenforschung (IFS), Kiel

Maßnahmen wurden daher den Hausinstallationen Druckminderer vorgeschaltet, die den Enddruck auf max. 6 bar begrenzten. Die Schäden hörten sofort auf, traten jedoch nach einer Zeitspanne von ein bis zwei Jahren erneut in Erscheinung.

Bei Druckminderern dieser Bauart wird der Enddruck durch einen druckfeder gesteuerten Ventilkolben geregelt. Dabei wird ein entsprechender Überdruck in der Installation durch eine Feinbohrung von ca. 1,5 mm Durchmesser auf eine Membran übertragen, die auf den Kolben und die Feder einwirkt. Überschreitet der Wasserdruck den vorgegebenen Sollwert, wird die Druckfeder zusammengedrückt und der Ventilkolben versperrt den Wasserdurchgang. Aufgrund des geringen Durchmessers der Bohrungen wird die Druckübertragung auf die Membran jedoch geringfügig verzögert.

Bei der Untersuchung von Druckminderern aus Schadenfällen wiesen sämtliche Objekte z. T. erhebliche Querschnittsverengungen der Feinbohrungen durch Ablagerungen von basischem Zinkcarbonat auf, d. h. der sich aufbauende Überdruck wurde nicht mehr schnell genug auf die Membran übertragen. Das von dem Wasserwerk abgegebene Wasser zeichnete sich durch eine sehr geringe Härte aus, die darüber hinaus auch noch zum überwiegenden Teil aus Nichtkarbonathärte (Chloriden) bestand. Aus diesem Grund ergaben sich erhebliche Probleme bei der Entsäuerung durch Belüftung und das Wasser mußte zur Anhebung des pH-Wertes mit halbgebranntem Dolomitkalk nachbehandelt werden. Dabei wurde jeweils in der ersten Phase nach jeder Neubefüllung mit Entsäuerungsmasse ein deutlich alkalisch reagierendes Wasser erhalten, das aufgrund zu geringer Speicherkapazität in weitgehend unverdünntem Zustand ins Rohrnetz abgegeben wurde und in den Hausinstallationen selektive Korrosionen an Werkstücken aus Messing hervorrief.

Beispiel 2:

In einem mehrgeschossigen Wohnhaus, das seit ca. 10 Jahren bewohnt wurde, erfolgten an sämtlichen Messingarmaturen der Trinkwasserinstallation innerhalb einer relativ kurzen Zeitspanne Wasseraustritte an den Verschraubungen und den Stopfbuchsen. Die gesamten inneren Oberflächen der wasserführenden Teile waren mit grauweißen Verkrustungen bedeckt, die sich zum Teil in die anschließenden Kupferrohre hineinstreckten. Die Verkrustungen bestanden zu über 85% aus basischem Zinkcarbonat, darüber hinaus wurden deutliche Graphitanteile vorgefunden. Die Oberflächen der Armaturen, insbesondere im Inneren der Buchsen, zeigten deutliche Entzinkungserscheinungen. Nennenswerter Lochfraß, insbesondere im Kupferrohr wurde jedoch nicht festgestellt. Sämtliche Gummischeiben waren hart versprödet und zerbrachen bei der Demontage weitgehend. Die Verkrustungen erstreckten sich über die Ventilschei-

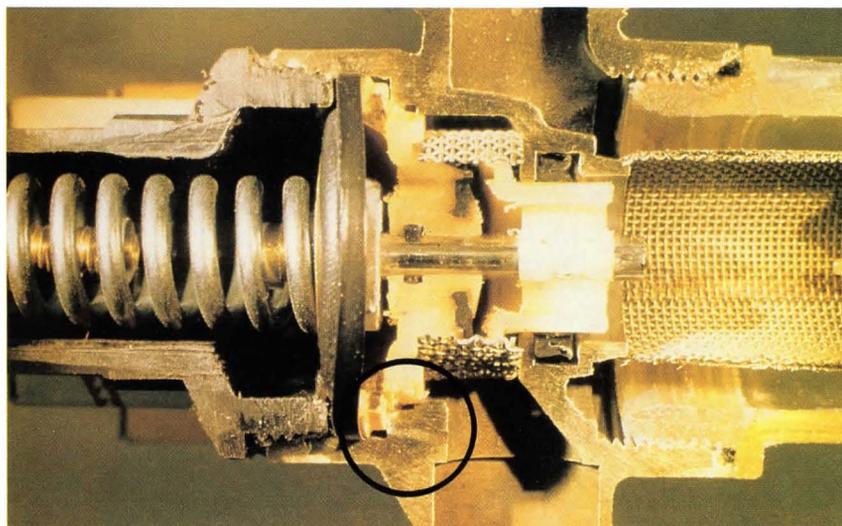


Abb. 1. Ursächlicher Druckminderer im Längsschnitt. Die aus basischem Zinkcarbonat bestehenden Ablagerungen in der 2 mm durchmessenden Feinbohrung (im Kreis) platzten beim Auftrennen des Asservats weitgehend ab, sind im Bereich der Membrankammer jedoch noch deutlich erkennbar vorhanden.



Abb 2. Alkalisches Gleitmittel. Nicht beseitigte Reste des Gleitmittels auf den Außenwandungen der Ventile riefen bereits hier lokale Entzinkungen hervor.



Abb. 3. Durch Einwirkung des Gleitmittels wurden die Gummidichtungen der Ventile hart und brüchig.

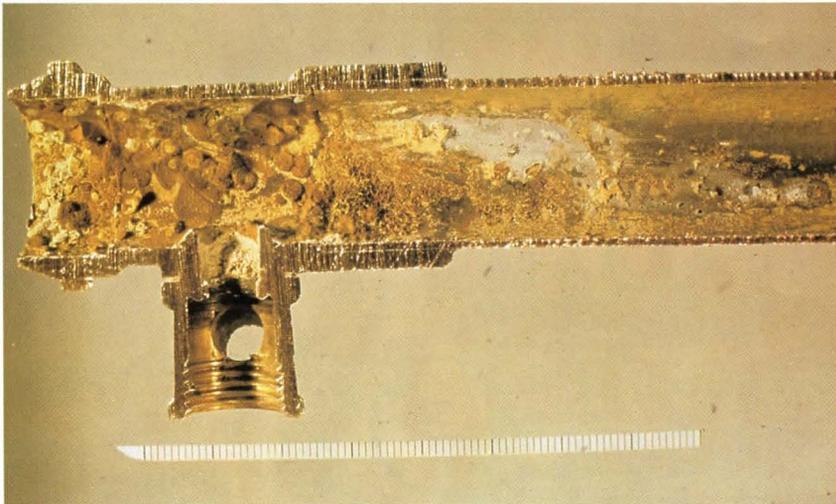


Abb 4. Ablagerungen von basischem Zinkcarbonat im Inneren der Messingarmaturen und im anschließenden Kupferrohr.



Abb 5. Detailaufnahme der Ablagerungen mit deutlich erkennbarem Riefenmuster der mechanisch ausgedrehten Armaturen. (Vergrößerung 16:1)

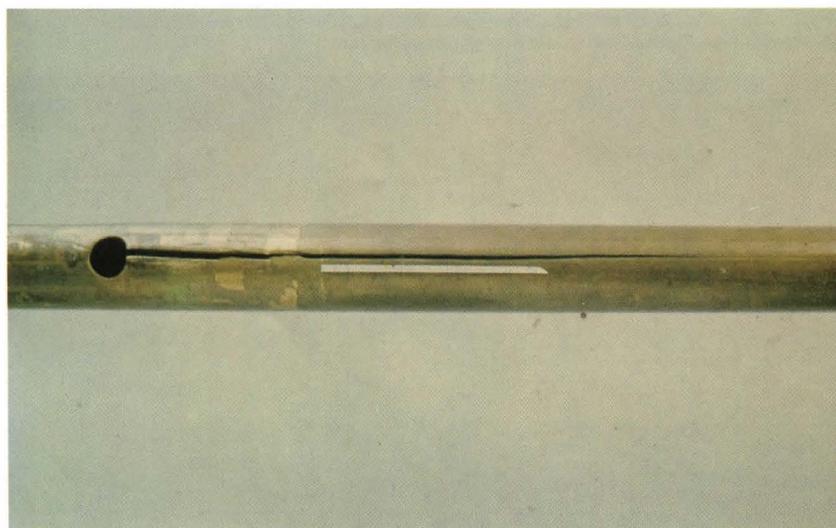


Abb 6. Ursächliches Messingrohr. Der weitgehend gradlinig verlaufende lange RiB weist in seinem linken Drittel eine markante Greifspur mit Kaltverformungseffekt und daraus resultierendem Werkstoffabtrag in der oberen Bruchflanke auf. Es liegt eine Zugrichtung von oben nach unten vor (Linksdrehung), die ihre Bestätigung u. a. im kurzen aber geschwungenen und deutlich nach oben versetzten zweiten RiB auf der gegenüberliegenden Seite der Bohrung findet.

ben hinaus, bis in den Bereich ihrer Buchsen und waren z. T. noch auf den Ventilschäften selbst und die abschließenden Stopfbuchspackungen aus Asbest zeigten einen deutlichen Graphitbelag. Die inneren Wandungen der Ventillbuchsen weisen ursprünglich eine herstellungsbedingte regelmäßige Musterung in Form feiner, parallel zueinander rundum verlaufender Riefen auf. Diese Riefen waren bei sämtlichen Ventilen ausnahmslos oberhalb der Ventilscheiben weggeätzt. Abdrücke dieser Riefen wurden jedoch bemerkenswerterweise auf einem Teil der Ablagerungen im wasserführenden Bereich der Armaturen festgestellt.

Sämtliche Armaturen der Installation waren ca. ein Jahr vor dem Schadenereignis gewartet worden. Dabei wurden offensichtlich die beweglichen Teile mit einem graphitierten, alkalisch reagierenden Gleitmittel behandelt, das in der Folge sowohl Entzinkungseffekte beim Messing hervorrief als auch die Gummischiebendichtungen zerstörte, so daß es zu den Wasseraustritten führte.

Gewaltbruch

Schäden dieser Art sind in der Regel auf Materialfehler, Leistungsmängel (starkes Erwärmen, bei gleichzeitiger Anwendung von viel Kupferbasislot und nicht fluchtendem Einbau, wobei die Brüche dann beim anschließenden Richten im Grenzbereich des harten Lots und des weichen Kupfers eintreten, oder unsachgemäßer Einbau zu verschraubender Teile o. ä.) und Fahrlässigkeit zurückzuführen.

Vielfach wird dabei vom Verursacher versucht, den Schaden von anderen, von ihm nicht zu vertretenden Umständen abzuleiten. Als häufigste Ursache wird dabei Frosteinwirkung angegeben.

Ein Beispiel:

In einem innenliegenden, nur durch eine Lichtkuppel natürlich erhellten Waschaum einer Berufsschule machte sich in den Vormittagsstunden des Neujahrstages 1979 je ein Bruch an zwei gegenüberliegenden, offen installierten Warmwasserrohren aus Messing bemerkbar. Da der im Raum befindliche Radiator nicht in Betrieb war – die Tür zum beheizten Nachbarraum soll zwar geöffnet gewesen sein – wurde, trotz gegenteiliger Behauptungen des Hausmeisters, unterstellt, daß das Oberlicht geöffnet gewesen sei und die außen herrschenden tieferen Temperaturen somit auf den Waschaum übertragen wurden, mit Folge eines Frostschadens an den Leitungen.

Es handelte sich um Messingrohre mit einem Innendurchmesser von 27 mm und einer Wanddicke von 3,1 mm, die sich in einer Länge von 3 m fast über die gesamten Längsseiten des Raumes erstreckend, mit insgesamt 5 Bohrungen von 14 mm Durchmesser versehen, zur Warmwasserversorgung von zwei Waschtrögen vorgesehen waren. Die Rohrbrüche waren an der letzten bzw. vorletzten Bohrung der Rohre aufgetreten, wobei sich jeweils ein gerade verlauf-

fender, langer (265 bzw. 105 mm lang) und ein geschwungener kurzer Riß (30 bzw. 17 mm) auf der gegenüberliegenden Seite der Bohrung zeigte. Die Risse waren gegeneinander um 3,3 bzw. 6 mm versetzt und auch die einzelnen Bruchflächen unterschiedlich klaffend aufgeworfen. Die Bruchflanken zeigten im Bereich der Bohrungen deutliche Verwindungsmerkmale, die sich zu den Rienden hin deutlich fortsetzten. Im Bereich der gerade verlaufenden Risse wurden Gratkanten auf der einen und jeweils entsprechende Materialabtragungen auf der anderen Seite festgestellt, die auf Kaltverformungen als Folge eines Greifwerkzeugangriffs mit Zugrichtung nach links zurückzuführen waren. Es handelte sich also um die Folgen einer Demontage, die jedoch vor dem ursächlichen Bruch herbeigeführt worden sein muten. Im Bereich der Bohrungen konnten die Abdrücke der kreisrunden Dichtungen deutlich festgestellt werden, darüber hinaus in den Bereichen der Anrisse jedoch auch noch rechteckige Abdrücke und Merkmale geringfugig ausgetretenen Wassers. Da weder die Bestimmungen der Zugfestigkeit noch die der Bruchdehnung des Materials auf eine Frosteinwirkung als Ursache hinwiesen und auch ein Modellversuch unter Betriebsbedingungen, mit Temperaturabsenkungen bis -45°C zu keinem Rohrbruch führte, wurde eine ergänzende Ortsbesichtigung vorgenommen. Dabei wurde festgestellt, daß die Rohrbrüche im Bereich der offenstehenden Tür zum beheizten Nebenraum eingetreten waren. Unterhalb der betroffenen Warmwasserrohre befanden sich, mit einem Abstand von 12 mm gleichartige Kaltwasserrohre (gemeinsam aufgesteckte Mischbatterien), die jedoch nicht vom Schaden betroffen worden waren. Nicht betroffen war darüber hinaus der dünnwandige Stahlradiator auf der dem Zugang gegenüberliegenden Stirnseite des Raumes, der nicht betrieben worden sein sollte.

Die Rohre waren jedoch mit verchromten Stahlmanschetten, die jeweils von Zapfventil zu Zapfventil reichten, überzogen. Da sich die Chromschicht in zunehmendem Maße zu lösen begann, wurden die Stahlmanschetten seitens der Installationsfirma kurze Zeit vor dem Schadenereignis ausgewechselt. Weil die Rohre jedoch bis nahezu an die angrenzende Stirnwand reichten, konnten die einzelnen Manschettensegmente nicht abgestreift werden. Die Rohre waren zu demontieren. Dabei wurden Greifwerkzeuge nicht unmittelbar vor dem Anschlußgewinde angesetzt, sondern am entfernten Ende des Rohres, wobei ein entsprechend langer Hebelarm entstand und sich die Kraft der Drehbewegung zwangsläufig im Bereich der Bohrungen in Form von Anrissen entspannte. Der endgültige Rohrbruch dürfte dann zu einem späteren Zeitpunkt, vermutlich durch einen entsprechend starken Druckstoß aus dem Rohrnetz, eingetreten sein.

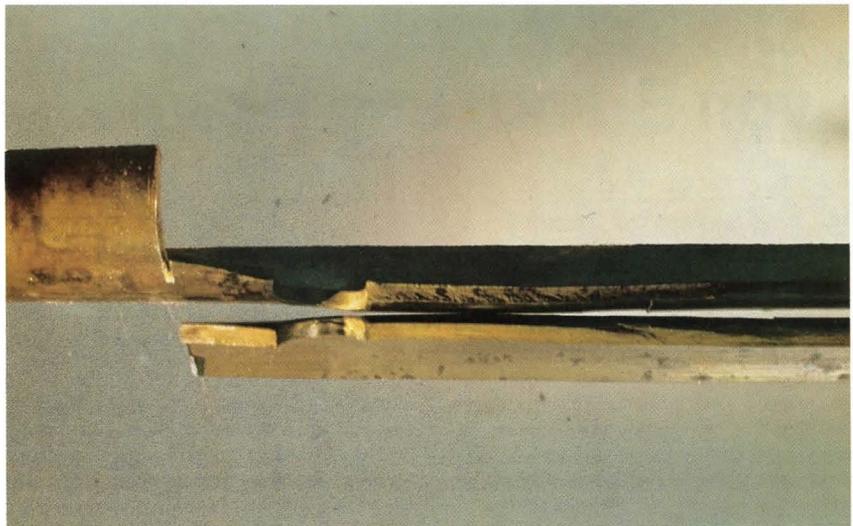


Abb. 7. Eine Gegenüberstellung beider Bruchflanken zeigt deutliche Verwindungsmerkmale.

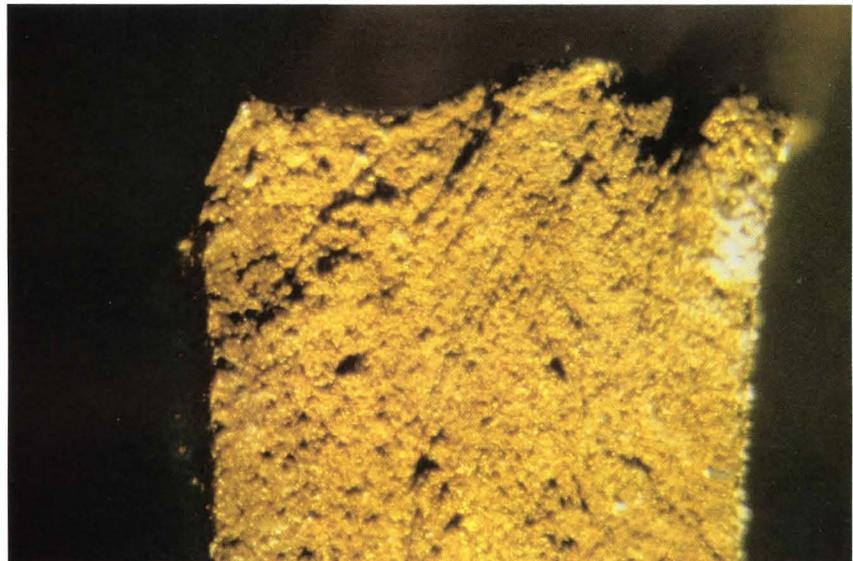


Abb. 8. Verwindungsmerkmale auf der Bruchflanke im Bereich der Bohrung.

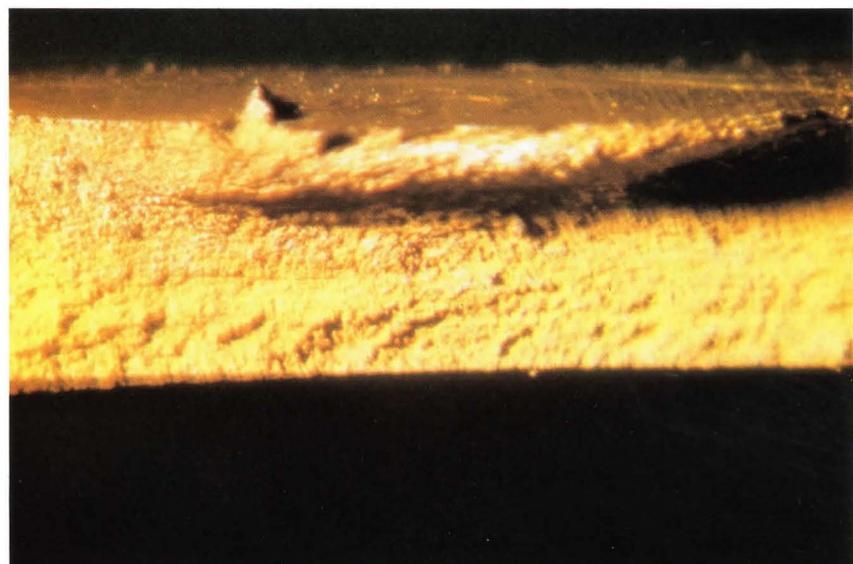


Abb. 9. Abrigrat auf der unteren Bruchflanke des langen Risses im Bereich der Greifspur. Er weist auf einen ursächlichen Zusammenhang der Greifspur mit der Rißbildung hin.

Die kriminaltechnische Untersuchung von Brand- und Raumexplosionsfällen

Dr. Günter Hellmiß

Neuere Entwicklungen

Die Kriminaltechnik ist heute durch einen schnellen Wandel und eine ständige Weiterentwicklung der Untersuchungsmethoden gekennzeichnet. Unter Berücksichtigung neuester Erkenntnisse werden hier die Entwicklungen bei der kriminaltechnischen Untersuchung von Bränden und Raumexplosionen geschildert. Dies betrifft u. a. die Methoden zu Nachweis und Unterscheidung von Brandlegungsmitteln; dabei ergeben sich günstige Möglichkeiten für Benzinvergleichsuntersuchungen. Für die Untersuchung von Selbstentzündungen steht eine Reihe von Methoden zur Verfügung bzw. ist in der Entwicklung. Die Schwierigkeiten und z.T. noch ungelösten Probleme bei der Ermittlung elektrischer Brandursachen werden dargelegt. Besonderer Wert wird in dem Beitrag auf die Belegung der Ergebnisse durch Beispiele aus der Praxis gelegt.

Schwerpunkte der kriminaltechnischen Brandursachenermittlung sind:

Nachweis und Unterscheidung von Brandlegungsmitteln

Untersuchungen zur Frage von Selbsterhitzungen und -entzündungen

Untersuchung elektrischer Brandursachen.

1. Nachweis und Unterscheidung von Brandlegungsmitteln

Identifizierung von Brandlegungsmitteln

Die Untersuchung von Brandlegungsmitteln konzentriert sich im wesentlichen auf die zwei Fragestellungen: Welche Brandlegungsmittel sind evtl. verwendet worden? Besitzen diese Brandlegungsmittel individuelle Merkmale?

Derartige Untersuchungen leiden grundsätzlich unter der Hauptschwierigkeit bei allen Branduntersuchungen, nämlich der Tatsache, daß Spuren durch das Brandgeschehen weitgehend zerstört werden. Dennoch findet man häufig noch Reste von Brandlegungsmitteln, teilweise in Fällen, wo man sie kaum erwarten würde. Ein Grund hierfür liegt darin, daß Brandlegungsmittel wegen mangelnder Sauerstoffzufuhr oder schnellen Ablöschens

häufig nur unvollständig verbrennen. Ein anderer Grund ist, daß die besonders häufig benutzten flüssigen Brandlegungsmittel in den Untergrund einsickern können.

Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang auch, daß bei vielen der modernen Analysemethoden noch kleinste Stoffmengen zur Identifizierung eines bestimmten Stoffes ausreichen. So können etwa bestimmte feste Brandlegungsmittel mit der Methode der Röntgenbeugung noch nachgewiesen werden, wenn nur Mengen von ca. 30 bis 100 µg vorhanden sind. Für den Nachweis von flüssigen Brandlegungsmitteln etwa mittels Gaschromatographie reichen noch wesentlich geringere Mengen aus. Mit hochauflösender Infrarotspektroskopie etwa, Headspace-Gaschromatographie oder Massenspektroskopie ist es heute möglich, beispielsweise zu erkennen, ob am Ort einer Raumexplosion entnommene Luft Benzindämpfe oder Erdgas enthält, und diese zu unterscheiden.

Daneben gelingt in manchen Fällen noch der Nachweis eines Brandlegungsmittels, oder man erhält zumindest Hinweise, wenn dieses bereits völlig verbrannt ist, nämlich dann, wenn das Brandlegungsmittel charakteristische Beimengungen enthält, die durch den Brand nicht oder aber in nachvollziehbarer Weise verändert werden. Wichtigstes praktisches Beispiel ist hier die Untersuchung von Brandasservaten auf ihren Gehalt an Blei und Brom, da Blei- und Bromverbindungen im Benzin (Otto-Kraftstoff) enthalten sind [1]. Diese Methode kommt daher häufig zum Einsatz, wenn andere Methoden versagen. Dabei muß hier besonders betont werden, daß im allgemeinen ein aussagefähiges Ergebnis nur erhalten werden kann, wenn geeignetes Vergleichsmaterial zur Verfügung steht, denn der Nachweis von Blei und Brom allein ist naturgemäß noch kein Beleg für seinen Ursprung aus Otto-Kraftstoff.

Individuelle Merkmale von Brandlegungsmitteln

Falls ein bestimmtes Brandlegungsmittel nachgewiesen wird, ist häufig die weitere Frage, ob die Herkunft angegeben werden kann oder aber ob Übereinstimmung besteht mit Vergleichsmaterial aus dem Besitz eines Tatverdächtigen. In einem solchen Fall ist fraglich, ob diese Übereinstimmung derart ist, daß eine andere Herkunft eindeutig oder weitgehend ausgeschlossen werden kann.

Eine Fragestellung dieser Art ergibt sich heute dank der Fortschritte der Meßtechnik in vielen Bereichen der Kriminaltechnik. Dennoch erscheinen solche Feststellungen auf den ersten Blick kaum möglich, da bei einer Massenproduktion keine individuellen Merkmale erwartet werden. Chancen für eine individuelle Zuordnung oder zumindest weitgehend individuelle Zuordnung ergeben sich aber

wenn Industrieprodukte sehr komplex zusammengesetzt sind,

wenn die verwendeten Rohstoffe je nach Herkunft eine unterschiedliche Zusammensetzung aufweisen,

wenn bei der Verarbeitung zumindest von einer Produktionscharge zur nächsten individuelle Unterschiede auftreten können.

Die Situation ist besonders günstig bei Produkten aus Naturstoffen wie den Mineralölprodukten. Benzin etwa, d. h. Otto- bzw. Vergaserkraftstoff, besteht aus mehreren hundert Einzelverbindungen, deren Anteil je nach Herkunft des Rohöls wechselt. Zum anderen kommen gerade bei Benzin Unterschieden durch die Destillations- und Verarbeitungsverfahren hinzu. In den letzten Jahren, insbesondere seit der Ölkrise, wechselt die Herkunft des Rohöls häufiger. Außerdem hat die Verschärfung des Benzin-Blei-Gesetzes in der Bundesrepublik Deutschland dazu geführt, daß zur Erreichung der vorgeschriebenen Oktanzahl eine stärkere Bearbeitung nötig ist, die die Wahrscheinlichkeit dafür erhöht, daß individuelle Merkmale auftreten. Grundsätzlich jede Benzincharge (übliche Größe 1000 bis 20000 t) weist daher Unterschiede zu einer anderen auf, die gaschromatographisch nachweisbar sind.

Für die Untersuchung solcher Stoffgemische eignet sich besonders die Methode der Gaschromatographie, da bei ihr, wie bei allen chromatographischen Verfahren, Stoffgemische getrennt werden. Im Gaschromatogramm eines Benzines entspricht – im Idealfall zumindest – jedem Peak eine bestimmte chemische Verbindung. In Bild 1 sind Ausschnitte aus den Gaschromatogrammen von drei Benzinproben wiedergegeben, in denen deutliche Unterschiede erkennbar sind.

Ein Fall, bei dem die eindeutige Zuordnung eines Benzines eine entscheidende Rolle bei der Klärung der Schuldfrage spielte, sei im folgenden dargestellt:

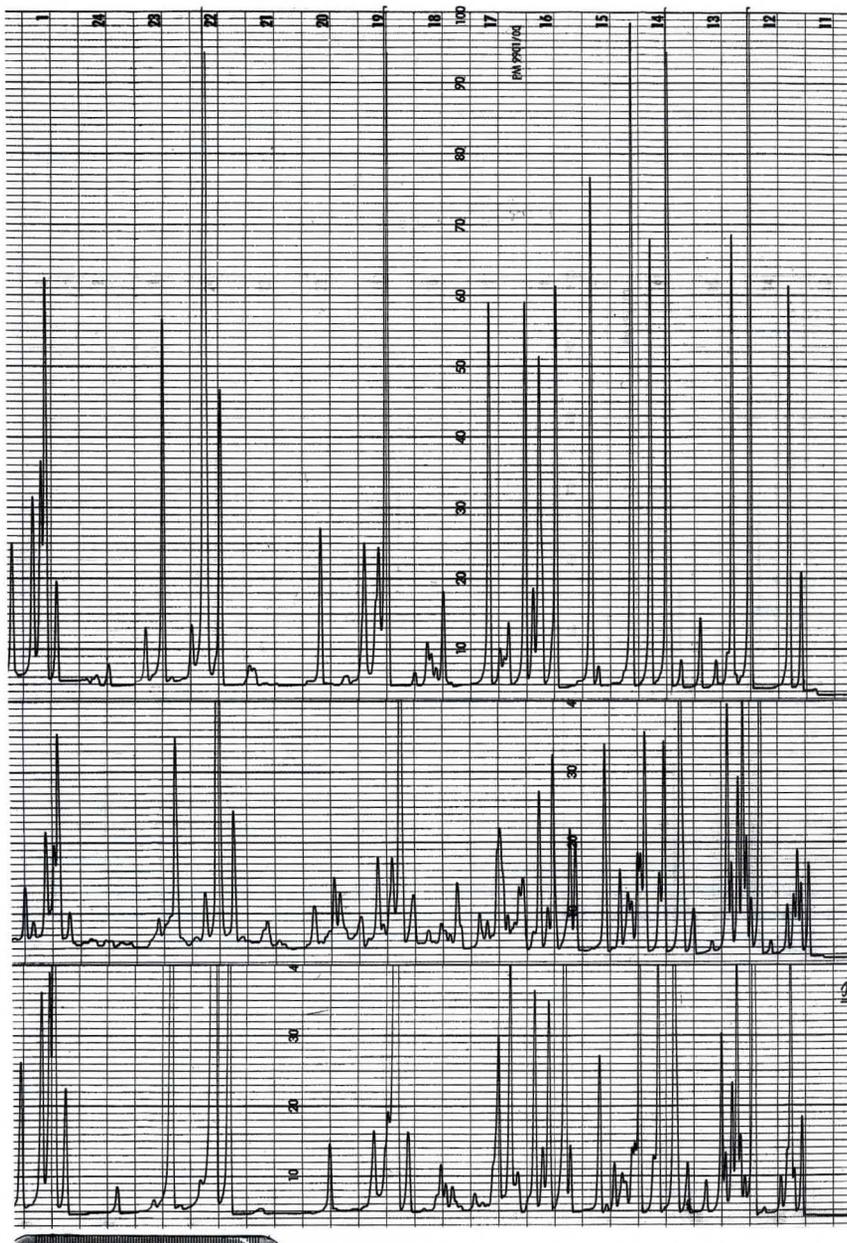


Bild 1. Ausschnitte der Gaschromatogramme von drei Benzin, und zwar von einer Shell-Tankstelle (oben, Normalbenzin) sowie einer Aral-Tankstelle (Mitte und unten, Normal- bzw. Superbenzin).

Es handelte sich um ein Explosionsunglück, das sich im Jahre 1976 in Luxemburg ereignet hat und das vom Kriminaltechnischen Institut des Bundeskriminalamtes untersucht worden ist (Bild 2). Hier war eine größere Menge von Benzin (ca. 5–10 m³) in die Kanalisation gelangt und einige Stunden später im Klärwerk der Stadt aufgefangen worden. Einige Zeit nach dem Einleiten von Benzin in die Kanalisation ereignete sich in der Altstadt eine Serie von Explosionen, bei denen mehrere Menschen den Tod fanden und ein hoher Sachschaden entstand. Die Untersuchungen am Explosionsort mit Hilfe von Prüfröhrchen und Explosimeter und in den Laboratorien des Bundeskriminalamtes mittels Headspace-Gaschromatographie und Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie ergaben, daß

die Luft in einem Keller eines Hauses in unmittelbarer Nachbarschaft des Hauptexplosionsortes Benzindämpfe in einer zur Zündung geeigneten Konzentration enthielt. Gaschromatographische und Röntgenfluoreszenz-Untersuchungen der im Klärwerk aufgefangenen Flüssigkeit bestätigten, daß es sich um Otto-Kraftstoff handelte.

Nach diesen Gegebenheiten war anzunehmen, daß ein ursächlicher Zusammenhang mit dem versehentlichen Einleiten von Benzin in die Kanalisation bestand. Es wurden daher etwa 40 Benzine von verschiedenen Verbrauchern, bei denen größere Mengen von Benzin vorhanden waren, mit der Methode der Gaschromatographie untersucht. Es war in diesen Untersuchungen möglich, eine eindeutige Zuordnung zu treffen, d. h.

eine Aussage in dem Sinne zu machen, daß nur Benzin einer bestimmten Firma in Betracht kam.

Die im Anschluß an den dargestellten Fall vertieften Untersuchungen führten im wesentlichen zu folgenden Ergebnissen [2], die hier kurz zusammengefaßt seien:

Benzine weisen individuelle Merkmale auf, und zwar derart, daß auch Benzine einer bestimmten Mineralölfirma, die zu verschiedenen Zeiten oder in verschiedenen Raffinerien produziert wurden, unterschieden werden können.

Grundsätzlich kann auch die Benzinmarke festgestellt werden. Dies erfordert aber eine umfassende Kenntnis über Herstellung und Verteilung bzw. Vertrieb des Benzines, die nur in Sonderfällen gegeben sein dürfte.

Für andere Mineralölprodukte, z. B. Dieselkraftstoff, gilt ähnliches wie für Benzin, jedoch sind die Unterscheidungsmöglichkeiten geringer. Dies ergibt sich für Dieselkraftstoff u. a. aus der Tatsache, daß er einer geringeren Bearbeitung unterworfen ist als Otto-Kraftstoff.

Die heutigen kommerziellen Gegebenheiten und die experimentellen Möglichkeiten haben also dazu geführt, daß eine Unterscheidung von Benzin möglich ist und daß einer solchen Aussage unter Umständen ein hoher Beweiswert zukommt. Die kommerziellen (und nicht die experimentellen) Gegebenheiten haben aber auch dazu geführt, daß es im allgemeinen nicht möglich ist, eine bestimmte Benzinmarke festzustellen. Hieraus ergibt sich für die kriminalistische Praxis eine wichtige Konsequenz: Die Ermittlungen müssen so geführt werden, daß die kriminaltechnische Untersuchung nicht auf eine Bestimmung der



Bild 2. Explosionsunglück in Luxemburg: Eingestürztes Haus und einige weitere der abbruchreif beschädigten Gebäude.

Benzinmarke hinausläuft, sondern auf einen Benzinvergleich [2].

Die Aussagen gelten auch für Benzine und andere Mineralölprodukte, die durch Brandeinwirkung teilweise verändert wurden, d. h. bei denen insbesondere die leichter flüchtigen Bestandteile teilweise oder ganz verdampft oder verbrannt sind. In weiteren Untersuchungen wird noch zu klären sein, welche Aussagen bei stark veränderten Proben möglich sind und inwieweit sie dann durch Pyrolyse- und Schwelprodukte anderer am Brandgeschehen beteiligter Stoffe beeinflusst werden.

Suche nach Brandlegungsmitteln, Verpackung von Asservaten

Zum Aufspüren von flüssigen oder gasförmigen Brandlegungsmitteln wird neuerdings ein empfindlicher Photoionisationsdetektor angeboten. Die Anzeige dieses (nicht ganz billigen) Gerätes ist zwar nicht spezifisch für Brandlegungsmittel, da auch nichtbrennbare Gase und Dämpfe erfaßt werden. Das Gerät ist aber durch die große Empfindlichkeit, die einfache Handhabung und die kontinuierliche Probennahme und Anzeige ausgezeichnet zur Voruntersuchung am Tatort geeignet. Es ersetzt nicht die Laboruntersuchungen.

Technische Grundkenntnisse und eine gewissenhafte Einweisung der Gerätebenutzer sowie ein häufiger Umgang mit dem Gerät sind Voraussetzungen für den erfolgreichen Einsatz dieses Gerätes. Das Gerät hat aber auch Bedeutung für die Laborarbeit insofern, als es in relativ einfacher Weise zu entscheiden gestattet, ob bei bestimmten Asservaten aufwendige weitere Untersuchungen notwendig und sinnvoll sind.

Ein Photoionisationsdetektor wurde als Detektor benutzt, um in Laborversuchen die Eignung bestimmter Verpackungsmaterialien für Asservate zu überprüfen. Dabei wurde zunächst nur die Eignung von Verpackungsmaterial für den besonders wichtigen Fall benzinhaltiger Asservate untersucht. Die Untersuchungen sollen später auch auf andere Brandlegungsmittel bzw. Gruppen von Brandlegungsmitteln ausgedehnt werden. Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, daß bestimmte Verpackungsmaterialien bzw. Gefäße zu empfehlen sind, wie z. T. bereits bekannt war ([1], Hellmiß), während andere Verpackungsmaterialien nicht oder nur zur kurzzeitigen Lagerung verwendet werden sollten. Aus diesen Untersuchungen, die noch zu erweitern sind, sollen dann Empfehlungen für die Praxis abgeleitet werden, wie Brandasservate zu verpacken sind, damit möglichst wenig Veränderungen eintreten und der Informationsgehalt der gesicherten Probe möglichst weitgehend erhalten bleibt [3].

2. Untersuchungen zur Frage von Selbsterhitzungen und -entzündungen

Vorgang der chemischen Selbsterhitzung; zur Selbsterhitzung neigende Stoffe und Stoffgruppen

Vor allem bei Bränden im industriellen und landwirtschaftlichen Bereich spielt häufig die Frage der Selbsterhitzung bzw. -entzündung eine Rolle. Am bekanntesten ist hier wohl diejenige von Heu. Hierbei handelt es sich um biologische Vorgänge. Diese werden im folgenden nicht betrachtet, sondern allein diejenigen, denen chemische Reaktionen zugrunde liegen.

Man spricht von einer Selbsterhitzung bei exothermen chemischen Reaktionen, d. h. bei Vorgängen, bei denen Wärme frei wird, die dann zu einer Temperaturerhöhung der beteiligten Stoffe führt. Davon abzugrenzen sind Vorgänge, bei denen dem System von außen Wärme zugeführt wird.

Zwei Beispiele sollen den Unterschied verdeutlichen:

Bei der Herstellung von Kunststoffbooten werden z. B. ungesättigte Polyesterharze verwendet, die nach Zugabe eines Härters und eines Beschleunigers polymerisieren, d. h. aushärten. Bei diesem Vorgang wird Wärme frei, und das Polyesterharz erwärmt sich dabei. Wenn in einem Betrieb, der solche Boote herstellt, ein Brand ausbricht, dann ist also unter Umständen der Frage nachzugehen, ob überhaupt bei einem solchen Vorgang und gegebenenfalls unter welchen Bedingungen eine derartige Selbsterhitzung zu einer Selbstentzündung führen kann. Daneben ist ebenso zu klären, ob durch diesen Aufheizvorgang auch andere, evtl. in der Nähe befindliche, leichter entzündliche Stoffe entzündet werden können.

Anders liegt folgender Fall: Ein Gefäß mit Dieseldieselkraftstoff beispielsweise wird auf einer elektrischen Heizplatte erhitzt, bis dieser sich „von selbst“ entzündet. Hier handelt es sich nicht um eine Selbstentzündung, denn die Wärme wird hier von außen zugeführt, nämlich dem elektrischen Leitungsnetz in Form elektrischer Energie entnommen. (Unglücklicherweise nennt man aber die Temperatur, bei der die Entzündung in diesem Beispiel erfolgt, die „Selbstzündtemperatur“ – im Unterschied zur „Fremdzündtemperatur“, falls zur Entzündung eine Zündquelle benutzt wird.)

Fraglich ist in diesem Zusammenhang, ob man von Selbsterhitzung und, als Folge davon, von einer Selbstentzündung nur sprechen soll, wenn der Aufheizvorgang bei Zimmertemperatur beginnt, oder ob man auch solche Vorgänge mit einbeziehen soll, bei denen die Ausgangstemperatur z. B. 80, 100 oder 150 °C beträgt. Aus praktischen Erwägungen

bietet sich letzteres an. Bei Holz etwa und anderen zellulosehaltigen Stoffen wurden bislang weder im Labor noch in der Praxis Selbsterhitzungs- bzw. Selbstentzündungsvorgänge beobachtet, die bei Zimmertemperaturen begannen; andererseits aber haben solche Vorgänge bei Ausgangstemperaturen von 65–90 °C nachweislich stattgefunden [4]. In diesen Fällen ist es ebenfalls sinnvoll, von Selbsterhitzung bzw. -entzündung zu sprechen.

Stoffe bzw. Stoffgruppen, die zur Selbsterhitzung neigen, sind beispielsweise: Aushärtende Kunststoffe wie die oben genannten Polyesterharze während des Aushärtungsvorganges; Peroxide und andere instabile Verbindungen; trocknende Öle, als deren bekanntester Vertreter Leinöl zu nennen ist; bestimmte Lacke; Düngemittel, z. T. nach Zugabe von Wasser; Holz unter bestimmten Bedingungen.

Ein Teil der in der Praxis auftretenden Stoffe ist in Verordnungen, Richtlinien und Merkblättern über die Lagerung und Beförderung von gefährlichen Stoffen aufgeführt. Angaben über Stoffe oder Stoffgruppen sind auch in einigen zusammenfassenden Artikeln enthalten [5]. Bei der Brandursachenermittlung hat man es aber immer wieder mit Stoffen zu tun, die noch nicht unter diesem Gesichtspunkt erfaßt sind und bei denen man die Möglichkeit einer Selbsterhitzung oder Selbstentzündung oft erst nach aufwendigen Laboruntersuchungen beurteilen kann.

Generell läßt sich sagen, daß es sich neben den zu Autoxidation neigenden Stoffen mit Doppelbindungen vorwiegend um instabile Stoffe handelt, beispielsweise um solche, die besondere chemische Strukturen wie Peroxogruppen aufweisen. Dabei ist auch zu bedenken, daß in manchen Fällen neben chemischen biologische Vorgänge beteiligt sein können. Die Komplexität des Geschehens und die Schwierigkeit, die Vorgänge meßtechnisch zu erfassen, haben bewirkt, daß bei manchen Stoffen oder Anordnungen noch in jüngster Zeit Zweifel bestanden, ob Selbsterhitzung und -entzündung möglich seien, was zum Beispiel in Aufstellungen über „Stoffe, die angeblich zur Selbstentzündung neigen“ [6], zum Ausdruck kam.

Zum grundsätzlichen Vorgang muß noch folgendes ergänzt werden: Eine merkliche Selbsterhitzung oder gar eine Selbstentzündung tritt nur unter bestimmten, im allgemeinen extremen Bedingungen ein. Beispielsweise beruht der Selbsterhitzungsvorgang bei den trocknenden Ölen auf einer Autoxidation; hier muß daher eine sehr große Oberfläche vorhanden sein. Leinöl, das fein verbreitet auf Baumwollfasern ist, kann sich unter extremen Bedingungen selbst entzünden, in einem Behälter aufbewahrtes Leinöl dagegen nicht. Ob es

bei der Selbsterhitzung zu einer Entzündung kommt, hängt einerseits davon ab, wieviel Wärme bei dem Selbsterhitzungsvorgang frei wird, andererseits davon, ob die Wärme gut oder schlecht abgeleitet wird (im letzteren Fall wird häufig nicht exakt, aber einprägsam von „Wärmestau“ gesprochen).

Zur Klärung der Frage einer möglichen Selbstentzündung sind gemäß den obigen Ausführungen häufig aufwendige Untersuchungsmethoden nötig. Darauf soll im folgenden eingegangen werden. Zunächst soll aber dargelegt werden, daß es auch Fälle gibt, in denen darauf verzichtet werden kann bzw. in denen sie u. U. nicht einmal sinnvoll sind.

Fallbeispiel: Klärung einer vermuteten Selbstentzündung ohne Laboruntersuchungen

In einem Rohnpappe herstellenden Betrieb waren im Abstand von wenigen Tagen zwei Lagerhallen abgebrannt. In diesen Hallen befanden sich Ballen von Roh- bzw. Altmaterial: Pappe, Papier, Teppichreste usw. An vielen Stellen waren scheinbar aus dem Inneren der Ballen kommende kanalartige Verbrennungsspuren zu erkennen, wie man sie etwa bei Heuselbrennungen oder bei der Selbstentzündung von Baumwollballen beobachten kann. Dies gab der ermittelnden Kriminalpolizeidienststelle den Eindruck, daß es sich hier um eine Selbstentzündung als Brandursache handelte.

Im vorliegenden Fall kam hinzu, daß elektrische Betriebsmittel in beiden Fällen nicht vorhanden waren und daß Beleuchtungskörper wahrscheinlich ausschieden (diese konnten zwar nicht untersucht werden, da sie zerstört waren; der Eindruck der Installation in anderen Hallen sowie die besonderen Umstände dieses Falles führten jedoch zu dem Schluß, daß sie mit hoher Wahrscheinlichkeit als Brandursache auszuschließen waren). Nach den kriminalpolizeilichen Ermittlungen war zu diesem Zeitpunkt auch fahrlässige Brandstiftung weitgehend auszuschließen, vieles sprach auch gegen vorsätzliche Brandstiftung.

Die Untersuchungen am Brandort hinsichtlich einer möglichen Selbstentzündung führten zunächst zu folgenden vorläufigen Ergebnissen: Das in den Ballen gelagerte Material neigt nicht zur Selbsterhitzung; eine Selbsterhitzung konnte zunächst aber nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, da immerhin die Möglichkeit gegeben war, daß andere, kritischere Stoffe in das Material gelangt waren. Gegen eine Selbstentzündung sprach aber folgendes: Die Ballen lagerten z. T. seit einem halben Jahr in den Hallen; sie kamen weiterhin von verschiedenen Lieferanten; die Brände erfolgten im kalten Winter.

Zur weiteren Klärung wurden die Hallen Ballen für Ballen ausgeräumt und die Ballen aufgerissen, um festzustellen, ob im Inneren Brand- bzw. Verkohlungsstellen vorhanden waren. Dabei zeigte sich, daß ausnahmslos die Oberflächen vom Brand betroffen waren. Die Brandzehrungen waren dort besonders stark, wo zwischen den einzelnen Ballen größere Zwischenräume waren und daher die Luftzufuhr nicht behindert war. Diese Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, daß Selbstentzündung auszuschließen war. Den Umständen nach mußte dieser Brand auf vorsätzliche Brandstiftung zurückgeführt werden. Diese Feststellungen wurden untermauert durch zwei weitere Brände, die sich einige Wochen später ereigneten, sowie durch einen fünften Brand einige Monate später. Der Täter konnte dann ermittelt werden.

Qualitative Untersuchungen

Der geschilderte Fall zeigt, daß die Frage einer möglichen Selbstentzündung manchmal ohne aufwendige Laboruntersuchungen entschieden werden kann. In diesem Fall wurden keinerlei Laboruntersuchungen durchgeführt.

Wenn nach den Tatortuntersuchungen grundsätzlich die Möglichkeit einer Selbsterhitzung nicht auszuschließen ist, dann sind Laboruntersuchungen erforderlich. Dabei ist zunächst zu klären, ob überhaupt eine Selbsterhitzung eintreten kann. Dies kann mit einem qualitativen Verfahren geschehen. Beispielsweise kann man Warmlagertests durchführen oder den sogenannten Mackey-Test, im allgemeinen in abgewandelter Form. Wenn keine Temperaturerhöhung dabei beobachtet wird, kann die Frage als beantwortet gelten in dem Sinne, daß eine Selbstentzündung auszuschließen ist (dabei ist allerdings vorausgesetzt, daß brauchbares Material zur Verfügung steht, d. h. im allgemeinen Material, das der Brandhitze noch nicht ausgesetzt war).

Falls eine Selbsterhitzung bei diesen Versuchen beobachtet wird, ist eine Entscheidung darüber, ob diese zu einer Entzündung führt, häufig mit den eben genannten Methoden nicht eindeutig zu treffen. Hier sind quantitative Verfahren erforderlich. Daneben können Modellversuche durchgeführt werden, die den tatsächlichen Gegebenheiten, soweit diese rekonstruierbar sind, möglichst weitgehend entsprechen.

Derartige Modellversuche haben dann einen großen Vorteil, wenn sie zu einem positiven Ergebnis führen: Kommt es bei einem derartigen Versuch zu einer Selbstentzündung, hat dieses Ergebnis eine Aussagekraft, die von anderen Methoden kaum erreicht wird. Entscheidender Nachteil von Modellversuchen ist aber, daß die Versuche sehr oft ein negatives Ergebnis haben. Ein negatives Ergebnis bedeutet aber im allgemeinen

nicht, daß Selbstentzündung nicht möglich ist, sondern lediglich, daß es in dem durchgeführten Versuch nicht dazu gekommen ist. Ein weiterer Nachteil von Modellversuchen ist, daß die tatsächlichen oder vermutlichen Gegebenheiten meistens nicht im erforderlichen Maße nachgebildet werden können, z. T. schon wegen der erforderlichen geometrischen Abmessungen.

Quantitative Untersuchungen

Im folgenden soll kurz das Verfahren skizziert werden, das sich seit einigen Jahren im Bundeskriminalamt im Aufbau befindet. Ziel der Untersuchungen ist es dabei, die Temperatur zu bestimmen, auf die sich der oder die beteiligten reagierenden Stoffe aufheizen können. Sodann ist die Zündtemperatur des Stoffes zu bestimmen, soweit sie nicht aus anderen Messungen schon bekannt ist. Ferner muß man die Zündtemperaturen derjenigen Stoffe kennen oder ermitteln, die sich in unmittelbarer Nähe der reagierenden Stoffe befinden. Durch Vergleich dieser Temperaturen mit der Maximaltemperatur, die bei dem Selbsterhitzungsvorgang erreicht werden kann, ist es dann möglich zu entscheiden, ob eine Selbstentzündung eintreten konnte.

Unterstellt man zunächst, daß die bei der Reaktion freiwerdende Wärme Q vollständig in dem System bleibt, d. h., daß keinerlei Wärme an die Umgebung abgegeben wird, so gilt näherungsweise:

$$Q = m \cdot \bar{c}_p \cdot (T_E - T_A)$$

wobei m die Masse des Stoffes ist, \bar{c}_p die über den gesamten Temperaturbereich gemittelte spezifische Wärme, T_E und T_A die End- bzw. Anfangstemperatur. Die Endtemperatur, die ermittelt werden soll, ergibt sich dann aus:

$$T_E = \frac{Q}{m \cdot \bar{c}_p} + T_A$$

Man kann hiernach die Endtemperatur genügend genau ermitteln, wenn man die Anfangstemperatur kennt, die Masse der Stoffe sowie ihre mittlere spezifische Wärme und die freiwerdende Wärmemenge. Falls sich die spezifische Wärme im untersuchten Temperaturbereich stark ändert, ist evtl. ein Interaktionsverfahren zur genauen Bestimmung erforderlich.

Für die Bestimmung von freiwerdender Wärmemenge und spezifischer Wärme wird im Bundeskriminalamt die Methode der Differentialthermoanalyse oder genauer gesagt, der Differential Scanning Calorimetry (DSC) verwendet. Einzelheiten hierzu ergeben sich aus der Spezialliteratur [7]. Das Verfahren zur Bestimmung der Selbsterhitzungseigenschaften ist in anderen Publikationen weiter ausgeführt [8]. Das vorher geschilderte prinzipielle Vorgehen wird aus Bild 3 deutlich. Aus der Integration der

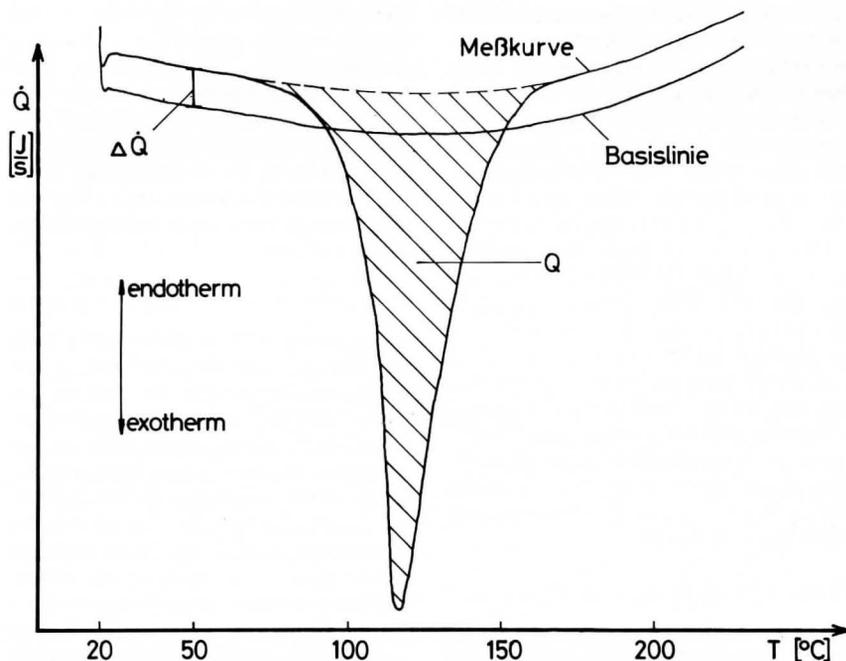


Bild 3. DSC-Meßkurve zur Bestimmung der Selbsterhitzungseigenschaften.

Peakfläche ergibt sich bei einer exothermen Reaktion die freiwerdende Wärmemenge Q , aus dem Abstand zwischen Meßkurve und Basislinie (Meßkurve ohne Probe) wird $\Delta\dot{Q}$ ermittelt, woraus sich unmittelbar die spezifische Wärme bestimmen läßt.

Bei der obigen Abschätzung ist die Wärmeabgabe an die Umgebung vernachlässigt worden, was in bestimmten Fällen zulässig ist. Bei Nichtzutreffen dieser Voraussetzung liegt die erreichbare Höchsttemperatur niedriger, im Extremfall kommt es überhaupt nicht zu einer merklichen Aufheizung.

Das erläuterte quantitative Verfahren kann angewandt werden bei schnell ablaufenden Reaktionen, bei denen außerdem (z. T. mitbedingt hierdurch) eine Wärmeabgabe an die Umgebung vernachlässigt werden kann. In anderen Fällen ist noch eine Weiterentwicklung erforderlich: Hier muß zusätzlich die Kinetik der chemischen Reaktion untersucht werden, und es müssen Verluste durch Wärmeübertragungsprozesse berücksichtigt werden.

Die Höchsttemperatur ist also beim Selbsterhitzungsvorgang zu vergleichen mit der Zündtemperatur von in Frage kommenden brennbaren Stoffen. Naturgemäß kann man dabei nicht in jedem Fall Literaturwerte für die Zündtemperatur zugrunde legen, die unter ganz bestimmten Bedingungen gemessen werden. Die spezifischen Gegebenheiten eines Falles müssen Berücksichtigung finden.

Beispiele zur quantitativen Untersuchung von Selbsterhitzungsfällen

Zur Verdeutlichung des eben Dargestellten seien die Ergebnisse der Untersu-

chungen an vier Fällen kurz zusammengefaßt, wobei hinsichtlich weitergehender Details auf die angegebene Literatur [8] verwiesen sei.

Fallbeispiel 1:

Es ist erwähnt worden, daß bei der Aushärtung von ungesättigten Polyesterharzen, wie sie z. B. im Bootsbau verwendet werden, Wärme frei wird. Ein solcher Fall ist mittels Differentialthermoanalyse und mit anderen Methoden im Zusammenhang mit einem Großbrand in einer Bootsfabrik untersucht worden. Das Ergebnis war, daß bei der Aushärtung im adiabatischen Fall, d. h., wenn keine Wärme an die Umgebung abgegeben wird, bei den in Frage stehenden Polyesterharzen eine Höchsttemperatur von 210 bis 220°C auftreten konnte. Die Zündtemperatur von Polyesterharz liegt aber über 400°C. Daraus ergibt sich, daß eine Selbstentzündung dieses Materials auszuschließen ist. Weiterhin können andere, in der Umgebung befindliche Stoffe unter Normalbedingungen ebenfalls nur entzündet werden, wenn ihre Zündtemperatur unter 210 bis 220°C liegt. Man muß also wissen, welche Stoffe sich dort befunden haben. (Es sei ergänzt, daß es nur wenige Stoffe mit einer so niedrigen Zündtemperatur gibt.)

Fallbeispiel 2:

Angebliche Selbstentzündung eines Zweikomponentenklebers (Epoxidharz). Bei dem fraglichen Epoxidharz wurde festgestellt, daß eine Temperaturerhöhung um maximal etwa 160°C möglich ist, nämlich dann, wenn keinerlei Wärme an die Umgebung abgegeben wird, d. h. bei einer Ausgangstemperatur von z. B.

20°C wird eine Endtemperatur von maximal etwa 180°C erreicht. Eine Selbstentzündung war hiernach definitiv auszuschließen. Mit nur qualitativen Methoden oder Modellversuchen wäre dieser Fall nicht eindeutig zu lösen gewesen.

Fallbeispiel 3:

Für einen Nitrokombilack ergab sich eine so starke Temperaturerhöhung, daß – nach Abdampfen des Lösungsmittels – grundsätzlich mit der Möglichkeit einer Selbstentzündung gerechnet werden muß. Es zeigte sich aber weiterhin, daß der „Einsatzpunkt“ der wärmeliefernden Reaktion bei etwa 140°C liegt.

Fallbeispiel 4:

Bei der Untersuchung von verschiedenen Rußen und Kohlenstaub wurde u. a. bei letzterem eine exotherme Reaktion beobachtet, die ebenfalls erst bei einer recht hohen Temperatur einsetzte, nämlich bei etwa 170 bis 180°C. Die ermittelte Temperatursteigerung war erheblich und reichte zu einer Entzündung bei weitem aus.

Bei den beiden letzteren Fällen gilt im Gegensatz zu Fall 1 und 2, daß die Reaktion erst bei relativ hoher Temperatur mit merklicher Geschwindigkeit abläuft. Die Frage, ob es in diesen beiden Fällen zu einer Selbstentzündung kommt, hängt in komplizierter Weise von den jeweiligen chemischen Reaktionen ab, weiterhin aber auch von den Umgebungsbedingungen, d. h. z. B. von der Umgebungstemperatur, von der Menge des vorhandenen Materials, von seiner Anordnung, von der u. a. abhängt, wie gut oder schlecht die entstandene Wärme abgeleitet wird. Im Gegensatz zu den beiden ersten Fällen kann man sich also hier nicht mehr darauf beschränken, die Wärmeabgabe an die Umgebung und den Einzelvorgang der chemischen Reaktionen außer acht zu lassen, sondern man muß diese Parameter in die Abschätzung einbeziehen.

3. Untersuchung elektrischer Brandursachen

Der Bereich der elektrischen Brandursachen wird in diesem Beitrag nur kürzer berührt, obwohl er für die Brandursachenermittlung ebenso wichtig ist wie die beiden anderen. Aber hier sind in letzter Zeit geringere Fortschritte erzielt worden. In diesem Bereich handelt es sich um die Untersuchung von elektrischen Installationen und Geräten, wobei die erstere überwiegend am Brandort selbst zu erfolgen hat, die zweite z. T. ebenfalls am Brandort, vorzugsweise aber im Laboratorium. Aus dem Zustand von elektrischen Leitungen, ihrer Absicherung und daraus, welche und wieviele Geräte ggf. an eine bestimmte Leitung angeschlossen waren, aus Kurzschlußspuren ergeben sich Hinweise auf mögliche elektrische Brandursachen. In manchen Fällen lassen sich darüber hinaus Aussagen

zum Brandablauf gewinnen [9], beispielsweise dann, wenn bestimmte Leitungen Kurzschlußspuren aufweisen, andere dagegen nicht.

Hinsichtlich der Kurzschlußspuren ist von Bedeutung, daß tatsächlich häufig unterschieden werden kann, ob Schmelzspuren an Kupferleitungen auf einen Kurzschluß zurückzuführen sind oder auf starke Hitzeeinwirkung. Es sei an dieser Stelle aber besonders darauf hingewiesen, daß es nicht möglich ist, durch Untersuchung der Kurzschlußspuren zwischen dem primären und sekundären Kurzschluß zu unterscheiden, also dem Kurzschluß als Ursache und dem Kurzschluß als Folge des Brandes [10]. Diese Frage, die in der Vergangenheit heftige Diskussionen ausgelöst hatte, kann heute als beantwortet gelten, leider negativ.

Bei der Untersuchung von elektrischen Geräten können häufig auch dann, wenn sie durch den Brand erheblich beschädigt worden sind, noch Aussagen darüber gemacht werden, ob sie brandverursachend gewesen sein können. Untersuchungen an unbeschädigten Geräten (u. U. auch an beschädigten) können Aufschluß darüber geben, ob ein bestimmtes Brandbild durch Defekte dieses Gerätes entstehen kann. Wenn also hiernach häufig einigermaßen eindeutige Aussagen gemacht werden können, so leidet die Untersuchung elektrischer Brandursachen doch unter einem Aspekt, der an folgendem einfachen Fall näher erläutert werden soll. In diesem war nach dem Brandbild zu vermuten, daß der (in seiner räumlichen Ausdehnung begrenzte) Brand seinen Ausgang von einem Sicherungselement genommen hatte.

Bei der Untersuchung im Labor ergab sich, daß die Befestigungsschraube einer Kabelzuleitung an dem Sicherungselement angeschweißt war (Bild 4), möglicherweise hatte die Schraube einen Gewindefehler. Hierbei hatte sich infolge des Schweißvorganges eine Legierung aus dem Kupfer des Leiters und den Elementen des Schweißlotes gebildet. Nach dem Brand wurde an der betreffenden Kontaktstelle ein Übergangswiderstand von ca. 1 k Ω gemessen, d. h. ein Wert, der um viele Größenordnungen über den maximal zulässigen Werten lag. Da der Gesamtwiderstand des Stromkreises hier im wesentlichen durch diesen Übergangswiderstand bestimmt wurde, ergibt sich ein Strom von maximal etwa 220 mA (bei einer Netzspannung von 220 V).

In der Literatur wird angegeben, daß unter bestimmten Bedingungen zellulosehaltige Stoffe wie Holz bei Fehlerströmen von 100 bis 300 mA entzündet werden können [11]. Selbst wenn diese Angaben sich auf ganz andere Verhältnisse beziehen, wird man zunächst die Möglichkeit einer Entzündung auch im vorliegenden Fall einräumen. Dabei ist weiter zu bedenken, daß der Übergangswider-

stand vor und möglicherweise auch während des Brandes erst niedriger lag und dabei für eine gewisse Zeit mehr Wärme frei wurde. Dies folgte aus der Tatsache, daß nach den Ermittlungen ein angeschlossener Wärmespeicherofen vor dem Brand noch zumindest einigermaßen einwandfrei funktioniert hat.

Dieses Beispiel zeigt jedoch, wie unbefriedigend die Situation in diesem Bereich ist. Wenn die Ermittlungslage eindeutig ist, d. h. andere Ursache auszuschließen sind, wird man als Ursache dieses Brandes die Wärmeentwicklung in dem hohen Übergangswiderstand annehmen. Wenn aber auch andere Brandursachen grundsätzlich möglich sind, dann führt ein solches kriminaltechnisches Ergebnis nicht weiter. Ähnlich wie bei der Untersuchung von Selbsterhitzungsvorgängen ist hier die Frage zu beantworten, ob die freiwerdende Wärmemenge ausreicht, um benachbartes brennbares Material so weit zu erhitzen, daß seine Zündtemperatur überschritten wird. Auch in diesem Bereich sind also quantitative Untersuchungen erforderlich. Daneben ist ebenso zu prüfen, ob mit Modellversuchen eindeutige Aussagen erreicht werden können. Quantitative Aussagen sind in diesem Bereich allerdings wesentlich schwieriger zu erreichen als bei Selbsterhitzungsvorgängen. Beispielsweise kann dort in manchen Fällen die Wärmeabgabe an die Umgebung vernachlässigt werden. Das ist bei elektrischen Vorgängen praktisch niemals möglich, schon wegen der guten Wärmeleitung der metallischen Leitungen.

Die hier geschilderte Situation trifft nicht oder nur bedingt auf die Entzündung explosibler Gas/Luft-Gemische durch elektrische Vorgänge zu. In diesem Bereich sind zum einen die Verhältnisse experimentell und rechnerisch leichter nachzuvollziehen. Zum anderen haben auch die besonderen potentiellen Gefahren dazu geführt, daß unter dem Vorzeichen des vorbeugenden Brand- und Explosionsschutzes umfangreiche Untersuchungen durchgeführt wurden (vgl. z. B. mehrere Beiträge verschiedener Autoren im „Handbuch der Raumexplosionen“ [12] oder die „Explosionsschutz-Richtlinien der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie“).

Soweit es die Entzündung fester Stoffe durch elektrische Vorgänge, also die elektrische Brandursachenermittlung im engeren Sinne, betrifft, stellt sich die Situation heute also nach dem oben Dargelegten so dar: Wenn festgestellt wird, daß elektrische Brandursachen prinzipiell möglich sind, dann kann in vielen Fällen nicht mit genügender Sicherheit entschieden werden, ob die für eine Entzündung von brennbaren Materialien unter den gegebenen Bedingungen erforderliche Mindestenergie frei wird. Eine zumindest teilweise Behebung dieser unbefriedigenden Situation wird eine der wichtigsten zukünftigen Aufgaben im Bereich der elektrischen Brandursachen sein. Dies ist auch andernorts erkannt worden. Beispielsweise befaßt sich das National Bureau of Standards in den USA in jüngster Zeit verstärkt mit Problemen aus diesem Bereich [13].

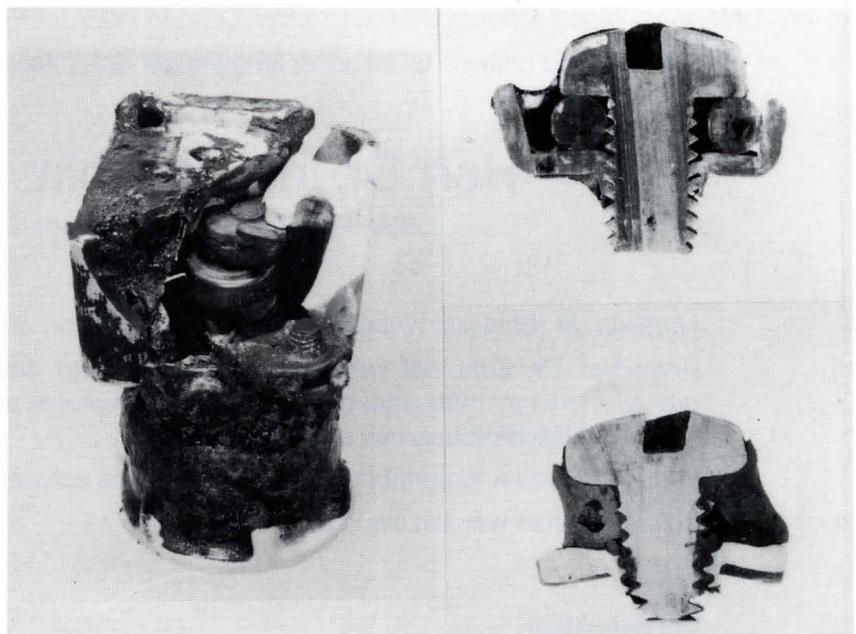


Bild 4. Sicherungselement mit Kabelanschlüssen (links); Schnitt durch Schraubenschluß: Vorschriftsmäßig mit Schraube befestigtes Kabel (rechts oben) bzw. verschweißte Zuleitung (rechts unten).