

Brennbarkeit von Textilien

L. Meckel

1. Einleitung und Grundlagen

In den letzten Jahren wurde in der Tagespresse im Zusammenhang mit Brandunfällen wiederholt auf die Brennbarkeit von Textilien hingewiesen. In einigen Staaten, so u. a. in den USA und in Großbritannien, hat man seit Jahren gesetzliche Regelungen über die Brennbarkeit bestimmter Textilien, z. B. Kindernachtbekleidung. Umfangreiches Schrifttum beschäftigt sich mit Einzelaspekten hinsichtlich des Flammenschutzes, der Wirkungsmechanismen von Flammenschutzmitteln, Prüfung der Brennbarkeit oder auch des Risikos durch brennbare Textilien. Nicht selten standen Interessen bestimmter Rohstoffverarbeiter, Absatzfragen für Flammenschutzmittel oder vielleicht auch übertriebene Forderungen einzelner Gruppen im Vordergrund.

Bei der Brennbarkeit von Textilien sind das Risiko, die notwendigen Prüfverfahren und die Anforderungen vom Verwendungszweck abhängig. Im folgenden werden einige der sehr verschiedenen Einsatzgebiete für Textilien aufgeführt:

Arbeitskleidung
Bettwäsche, Matratzen
Gardinen, Vorhangstoffe
Kinderbekleidung
Material für Kfz-Innenausstattung
Nachtbekleidung
Oberbekleidung
Polstermöbelbezugstoffe
Technische Gewebe, z. B. Luftfilter
Textile Bodenbeläge
Tragluftballen.

Selbst innerhalb jeder dieser Gruppen bestehen beträchtliche Unterschiede in den Anforderungen. So sind sie z. B. hinsichtlich der Brennbarkeit bei Arbeitsschutzkleidung im Bergbau, im Hüttenwesen oder bei der Feuerwehr verschieden.

Bei Schutzkleidung für andere Arbeitsbereiche ändern sich auch die Forderungen an die Schutzwirkungen; so verliert z. B. bei einem gewünschten Schutz gegen Chemikalien die Forderung nach verminderter Brennbarkeit an Bedeutung.

Sehr oft wird allgemein von der Brennbarkeit von Textilien gesprochen, obwohl nur einzelne der Eigenschaften

gemeint sind, die das Brennverhalten kennzeichnen. Diese Eigenschaften sind im wesentlichen folgende:

Entzündlichkeit
Flammenausbreitungsgeschwindigkeit
Wärmeentwicklung
Schrumpfen
Schmelzen
Rauchentwicklung
Bildung toxischer Gase.

Bei Kinderbekleidung ist im Brandfalle z. B. die Zündzeit, die Flammenausbreitungsgeschwindigkeit und das Schmelzverhalten wichtig, aber nicht die Rauchentwicklung und die Toxizität des Rauches. Ganz anders liegen die Verhältnisse bei einer Matratze; es ist nachgewiesen, daß bei Matratzen meist Schwelbrände auftreten und die Opfer nicht verbrannt, sondern vergiftet bzw. erstickt sind, die Flammenausbreitungsgeschwindigkeit also uninteressant ist. Bei einem Vorhangstoff kann das Schmelzen und Schrumpfen von Vorteil sein, da das Material damit der Zündflamme ausweicht, während bei einer Arbeitskleidung das Schmelzen und Schrumpfen sicher ein Nachteil ist.

Welche Eigenschaften sind nun von Einfluß auf das Brennverhalten von Textilien? Das sind:

Flächengewicht
Struktur des Textils
Fasermaterial (Rohstoff)
Präparation, Appretur, Färbung
Verschmutzung
Rückstände bei Wasch- und Reinigungsbehandlungen
Anordnung, z. B. bei Kleidung der Schnitt oder bei Vorhängen und Bespannungen die Anordnung oder bei Teppichen die Lage wie Fußboden oder Wand
Kombination der Textilien
Umgebungsbedingungen, insbes. Luftzirkulation und Wärmeableitungen
Vorwärmung.

Der Einfluß dieser Eigenschaften wird noch an einzelnen Beispielen erläutert. Die Aufzählung enthält keine Wertung, doch ist bewußt der Rohstoff nicht an erster Stelle aufgeführt. Die Bedeutung des Rohstoffes wird im Vergleich zur Struktur und zum Flächengewicht eines Textils häufig überschätzt. Hierzu sollte man selbst einen Brennversuch mit Baumwollwatte und mit einem dichtgeschlagenen Köpergewebe oder gar mit einem Baumwollgurt durchfüh-

ren. Ein lockeres, leichtes Wollgewebe wird leichter entzündet als ein Baumwollgurt, obwohl bei gleichem Aufbau eines Gewebes natürlich das aus Baumwolle leichter brennt. Insofern ist es irreführend, diesen oder jenen textilen Rohstoff als „schwer brennbar“ oder dergleichen zu bezeichnen. In gewissen Grenzen vergleichbar sind die Rohstoffe nur in etwa gleichem Verarbeitungszustand. Doch auch dann können Appreturen, Färbungen oder Inkrustierungen vom Waschen die Verhältnisse erneut verschieben. Bei Bekleidungstextilien ist für die Zündung und das Weiterbrennen der Schnitt und insbesondere die Kombination der Textilien entscheidend. So wird von einem Brandunfall berichtet [1], bei dem zwei Arbeiter in etwa gleicher Weise einer Stichflamme ausgesetzt waren. Der eine trug ein Nylonhemd über einem Baumwoll-Unterhemd, der andere ein Baumwollhemd über einem Nylon-Unterhemd. Im ersten Falle verhinderte das Nylonhemd die Entzündung des Baumwoll-Unterhemdes, und der Arbeiter erlitt lediglich einen Schock; im zweiten Falle brannte das leichter entzündbare Baumwollhemd und brachte das Nylon-Unterhemd zum Schmelzen, so daß schwere Verbrennungen die Folge waren. An diesem Beispiel wird deutlich, wie komplex die Beurteilung des Brennverhaltens von Bekleidungstextilien ist. Zwei Textilien aus verschiedenen Rohstoffen können je nach Art der Kombination – in diesem Falle auf dem menschlichen Körper – das Unfallgeschehen sehr verschieden beeinflussen. Leider kann bei speziellen Arbeitsbedingungen auch eine Schutzkleidung manchmal nicht mehr wirksam sein. Dies zeigen die von Möller [2] beschriebenen Arbeitsunfälle, bei denen sich die Kleidung z. B. bei Schweißarbeiten mit Sauerstoff anreichern konnte.

Bei einem Brand kann das gleiche Teppichbodenmaterial auf dem Fußboden unbedenklich, aber an der Wand oder an der Decke gefährlich sein. Dies ist durch die unterschiedlich thermische Beanspruchung am Fußboden bzw. an den Wänden und Decken leicht erklärlich. Zu den Umgebungsbedingungen sei nur erwähnt, daß in der Vergangenheit viele größere Brände und Brandkatastrophen nur dadurch möglich wurden, weil durch bauliche Gegebenheiten wie z. B. Klima- oder Installationsschächte sich der Brand unverhältnismäßig schnell ausbreiten konnte. Auch können durch falsches Verhalten oder unglückliche Umstände mehrere Fenster und Türen offen sein,

Prof. Dr. L. Meckel, Bundesanstalt für Materialprüfung, Fachgruppe Textilien und Leder, Berlin-Dahlem.

wodurch eine schnelle Brandausbreitung ermöglicht oder stark begünstigt ist. Die Begrenzung eines Brandes und insbesondere die Rettungsmöglichkeit für Menschen sind das Ziel des vorbeugenden Brandschutzes. Dabei geht man davon aus, daß sogenannte Entstehungsbrände kaum zu verhindern, doch die Brände durchaus zu begrenzen sind.

2. Prüfverfahren und Beurteilungskriterien

Welche Prüfverfahren stehen zur Bestimmung des Brennverhaltens von Textilien zur Verfügung? Einige der bekanntesten und in DIN-Normen festgelegten Prüfmethoden enthält Tab. 1, in der die wesentlichen kennzeichnenden Merkmale aufgeführt sind.

Tabelle 1 Zusammenstellung wichtiger Merkmale aus Prüfnormen zur Bestimmung des Brennverhaltens von Textilien

DIN-Norm	Bestimmung der	Probenanordnung	Zündung an	Zündzeit (s)
54 334	Zündzeit	waagrecht	Kante	—
V 54 333	Flammenausbreitungsgeschwindigkeit	waagrecht	Kante	15
54 335	Flammenausbreitungsgeschwindigkeit	im Winkel von 45°	Kante	15
E 54 336	Flammenausbreitungsgeschwindigkeit	lotrecht	Kante	3 u. 15
53 906	Brennzeit	lotrecht	Kante	3 u. 15
54 331	Brennzeit, Flammenausbreitung	Halbkreis	Kante	15
54 332	Flammenausbreitungsgeschwindigkeit für textile Bodenbeläge	lotrecht mit Unterlage	Oberfläche	3 u. 15

Bei Anwendung derartiger Verfahren ist immer zu prüfen, welche Aussagen die einzelnen Prüfverfahren zulassen. Keinesfalls ist mit einem oder auch mehreren Verfahren das gesamte Brennverhalten zu bestimmen. Nach den Normen werden vorwiegend die Entzündlichkeit und die Flammenausbreitungsgeschwindigkeit (Brenngeschwindigkeit) in der Brandentstehungsphase geprüft. Diese beiden Eigenschaften kennzeichnen in der Regel das Brennverhalten und sind relativ unproblematisch zu prüfen. Deshalb soll im folgenden kurz auf die anderen Merkmale des Brennverhaltens eingegangen werden.

Die Wärmeentwicklung ist wichtig für die Beurteilung der Verbrennungsgefahr der Haut durch Bekleidungstextilien und zur Abschätzung der Gefahr der Zündung anderer Materialien durch Heimtextilien. Dies wird deutlich am Beispiel einer Gardine; eine dünne, leichte Baumwollgardine brennt zwar schnell ab, doch reicht die Wärmemenge vielleicht nicht aus, um andere Materialien und Mobiliar zu entzünden.

Insbesondere bei Bekleidungstextilien ist nicht die häufig angeführte Verbrennungswärme in Joule/g entscheidend, sondern die pro Zeiteinheit freigesetzte Wärme. Für die freigesetzte Wärmemenge sind aber wiederum die Flammenausbreitungsgeschwindigkeit und das Flächengewicht wesentliche Kriterien. Damit wird die alte Erkenntnis bestätigt, daß in der Brandentstehungsphase die Geschwindigkeit der Brandausbreitung ein wesentliches Kriterium für die Gefährlichkeit ist. Daß die Verbrennungswärme in diesem Zusammenhang keine brauchbare Information liefert, ergibt sich auch daraus, daß Wolle mit 21 J/g sogar noch eine etwas höhere Verbrennungswärme als Baumwolle mit 19 J/g hat.

Für die Messung der Wärmeentwick-

eignet. Für letztere wurde eine plane Meßplatte mit entsprechenden Sensoren entwickelt.

Dafür ist die Klärung der Frage wesentlich, ob mit dieser einfacheren Methode genügend aussagefähige Werte erhalten werden und ob vielleicht gar eine Korrelation zur Flammenausbreitungsgeschwindigkeit und dem Flächengewicht besteht. Alle Methoden zur Bestimmung der Wärmeentwicklung sind aus verschiedenen Gründen noch umstritten. Grundsätzlich ist davon auszugehen, daß die menschliche Haut sehr empfindlich ist und am Körper abbrennendes Material in der Regel zu schweren Verbrennungen führt; vielleicht ist es sogar bedenklich, hierbei noch Unterschiede machen zu wollen.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß das Schrumpfen und Schmelzen bei Textilien eine unterschiedliche Bedeutung haben kann. Bei Bekleidungstextilien, insbesondere bei Schutzkleidung, werden diese Eigenschaften allgemein als Nachteil angesehen. Zwar wird mit Recht darauf hingewiesen, daß durch das Schmelzen vor dem Erreichen der Entzündungstemperatur die Zündenergie zu einem beträchtlichen Teil verbraucht wird und deshalb das Material nicht so leicht entzündet wird. Andererseits sind Verbrennungen durch die heiße Schmelze sehr unangenehm und schwer heilend. In der Literatur wird von dünnen Filmen aus geschmolzenen Synthefasern auf der Haut berichtet. Doch führt Stamm [4] hierzu aus, daß dafür bisher von niemand eine Bestätigung zu erhalten war. Er weist ferner darauf hin, daß z. B. für Polyamid-Strumpfhosen die Schmelztemperatur 210 °C bzw. 250 °C beträgt. Bei diesen Temperaturen ist aber sicherlich die Haut bereits verbrannt, bevor das Material schmilzt. Die Behandlung von solchen Brandverletzungen, auf denen sich geschmolzene Stoffe befinden, ist jedoch erschwert, und es können toxische Zersetzungsprodukte der Schmelze wirksam werden.

Ein Meßverfahren zur Beurteilung des Schrumpfens und Schmelzens gibt es nicht. Bei den meisten Prüfverfahren zur Beurteilung einzelner Eigenschaften beim Brennen wird lediglich darauf hingewiesen, daß das Schrumpfen und Schmelzen subjektiv zu beschreiben ist. Die Gefahr durch brennendes Abtropfen von Schmelze als Sekundärzündquelle kann in gewissen Grenzen z. B. durch auf dem Boden liegendes Filterpapier erfaßt werden. Da das Schrumpfen insbesondere bei Arbeitskleidung dann bedenklich ist, wenn die Substanzfestigkeit in gewissen Grenzen erhalten bleibt, wird zur Ermittlung von Kennwerten z. Z. in der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) eine Meßapparatur entwickelt. Damit kann

bei definierter Probenlänge der Längenschwund und bei starrer Einspannung über eine Kraftmeßdose die Schumpfarbeit gemessen werden. Ferner kann an den Proben nach der Beanspruchung die verbliebene Zugfestigkeit ermittelt werden.

Rauch und Toxizität sind bei Bränden für Leben und Gesundheit eingeschlossener Personen und für die Arbeit der Rettungsmannschaften von entscheidender Bedeutung. Bei Bekleidungstextilien jedoch ist die Rauchdichte und Toxizität nicht ausschlaggebend: Wenn diese Eigenschaften bei der relativ geringen Masse überhaupt wirksam werden, so ist bereits vorher eine Schädigung der Person durch Flammen eingetreten.

Bei Heimtextilien ist die Situation anders; in der Brandentstehungsphase ist noch zu wenig Material zerlegt, um als Rauch wirksam zu werden. Erst bei fortgeschrittenen Bränden, bei denen erfahrungsgemäß alles organische Material in Brand gerät, tragen diese Substanzen mit zur Bildung von Rauch und toxischen Gasen bei. Bei derartigen Bränden, z. B. beim Zimmerbrand, ist jedoch der gewichtsmäßige Anteil der Textilien an der Brandlast relativ gering gegenüber anderen, chemisch gleichartigen Stoffen wie Holz und Kunststoffen. Ganz allgemein gilt, daß gerade viele sog. schwerentflammbare Materialien wesentlich mehr Rauch und ausgerüstete oder modifizierte Fasern mehr toxische Gase bilden. Ferner muß beachtet werden, daß zwar manche Textilien nicht brennen, doch glimmen und verschwelen und viele Brandopfer nicht durch Flammen, sondern durch Zersetzungsgase umgekommen sind. Dabei spielt das giftige

Kohlenmonoxid eine wichtige Rolle. Der Einfluß von Blausäure und anderen giftigen Gasen ist bei bestimmten Brandbedingungen möglich, tritt aber in den meisten Fällen hinter dem Einfluß des Kohlenmonoxid zurück.

Die Toxizität der Brandgase ist stark von den Brandnebenbedingungen wie Temperatur und Luftzufuhr abhängig. Sie ist zuverlässig für bestimmte Brandbedingungen nur im Tierversuch zu ermitteln. Die von vielen Autoren durchgeführten umfangreichen gaschromatographischen Untersuchungen sind sehr aufschlußreich zum Studium der Verbrennungsmechanismen und für die Entwicklung von Fasermodifikationen oder Flammenschutzmitteln, aber weniger zur Bestimmung der Toxizität.

Ähnlich problematisch wie die Bestimmung der Toxizität ist die Bestimmung der Rauchdichte, die für Baustoffe von großem Interesse ist. Es wird z. B. die Rauchdichte photoelektrisch gemessen oder die Lesbarkeit bestimmter Schriftzeichen beurteilt. Wie problematisch die Auswertung dieser Ergebnisse sein kann, wird an einigen Fragen deutlich. Wieviel geringer muß die Rauchdichte sein, wenn die Raumentwicklung über längere Zeit anhält, um ein Material gleichartig zu bewerten? Wie sind die Brandbedingungen zu wählen? Sind gleiche Massen oder gleiche Volumina zu verbrennen? Oder sind z. B. bei einer Wandverkleidung jeweils solche Mengen zu verbrennen, die die gleiche Oberfläche bedecken? Man sieht aus diesen Fragen, daß das Ergebnis durch die Wahl der Versuchsbedingungen stark beeinflusst werden kann.

In der letzten Zeit wurde sehr viel über den Limiting Oxygen Index (LOI) geschrieben. Dieser Begriff kommt aus der Raumfahrt; sein Zahlenwert be-

sagt, bei welchem Prozentsatz Sauerstoff in einem Sauerstoff-Stickstoff-Gemisch das Material gerade noch von oben nach unten abbrennt. Der LOI-Wert ist von gewissem Interesse bei der Entwicklung von Produkten. Wie später an Ergebnissen gezeigt wird, ist er jedoch nicht zur Charakterisierung des Brennverhaltens, insbesondere der Brenngeschwindigkeit, geeignet, obwohl dies in letzter Zeit immer häufiger geschieht.

Während die in Tabelle 1 angeführten Normen ausschließlich Prüfverfahren festlegen, gibt es auch einige Normen mit Anforderungen. Zu erwähnen ist in erster Linie DIN 4102 Teil 1 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Baustoffe, Begriffe, Anforderung und Prüfung“. Die Norm gilt allerdings nur dann für Textilien, wenn diese als Baustoffe eingesetzt werden und bauaufsichtliche Anforderungen erfüllen müssen. Es ist z. B. irreführend, Möbelbezugstoffe nach dieser Norm zu prüfen, da Polstermöbel in keinem Falle Baustoffe sind und das Brennverhalten eines Polstermöbels auch wesentlich von der Füllung und dem Schmelzverhalten des Bezugstoffes bestimmt wird. Durch ein schwerentflammbares aber leicht schmelzendes Polsterbezugsmaterial kann z. B. das Untermaterial zu schnell einer Zündquelle zugänglich werden.

Eine Einstufung hinsichtlich des unterschiedlichen Brennverhaltens erlauben auch folgende Normen:

DIN 66 080

„Kennwerte für das Brennverhalten textiler Erzeugnisse, Grundsätze“

DIN 66 081

„Kennwerte für das Brennverhalten textiler Erzeugnisse; Textile Fußbodenbeläge“

V DIN 66 082

„Kennwerte für das Brennverhalten textiler Erzeugnisse; Vorhang- und Gardinstoffe“

E DIN 66 083 (in Druck)

„Kennwerte für das Brennverhalten textiler Erzeugnisse; Textile Flächengebilde für Arbeits- und Schutzkleidung“

Nach diesen Normen können textile Bodenbeläge, Gardinen- und Vorhangstoffe sowie Gewebe für Arbeitsschutzkleidung verschiedenen Brennklassen und dadurch mit Einschränkung auch unterschiedlichen Risiken zugeordnet werden.

So könnte z. B. für Vorhangstoffe in Restaurants oder anderen öffentlichen Gebäuden Material der Brennkategorie V-c nach DIN V 66 082 vorgeschrieben werden. Diese Forderung würde bedeuten, daß die Vorhänge bei der Zündung z. B. durch eine Kerze nicht abbrennen. Eine derartige Auflage oder Forderung könnte nach Meinung des Verfassers auch im Rahmen von

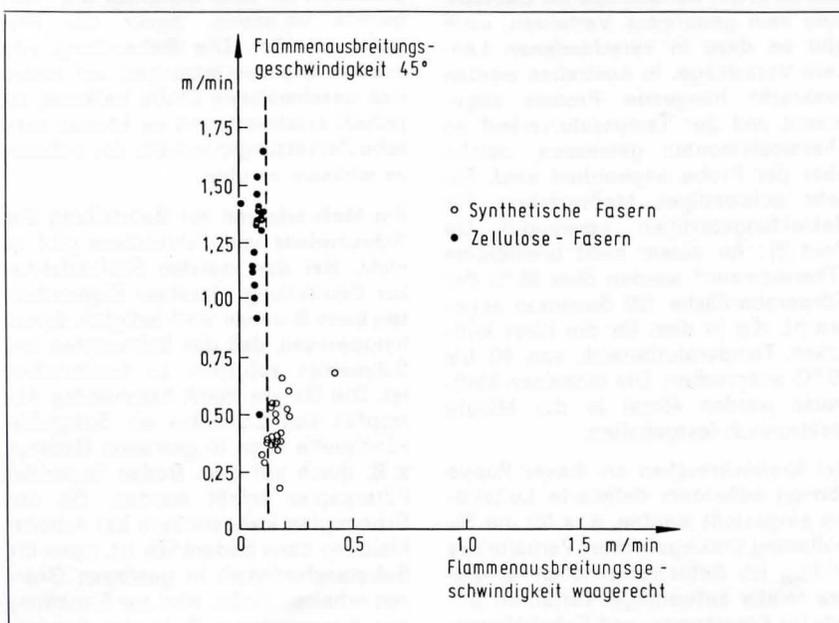


Bild 1. Zusammenhang der Flammenausbreitungsgeschwindigkeiten an Textilien aus Zellulose- und Synthesefasern. Probenanordnung waagrecht und im Winkel von 45°

Versicherungsverträgen gestellt werden.

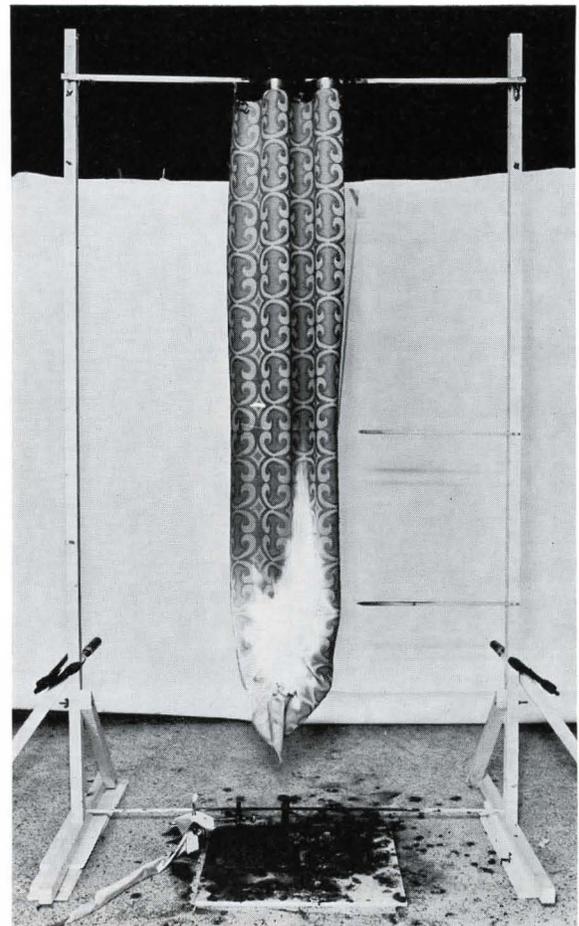
3. Ergebnisse von Brennversuchen

Mit Versuchsergebnissen werden einige der vorangegangenen Aussagen belegt.

An Gardinen- und Vorhangstoffen, die nach der Zündung verbrennen, wurde der Einfluß der Probenanordnung untersucht. In Bild 1 sind die Ergebnisse der Flammenausbreitungsgeschwindigkeit bei 45° denen in waagerechter Anordnung gegenübergestellt. Während bei der Probenanordnung von 45° die Flammenausbreitungsgeschwindigkeiten etwa zwischen 0,2 m/min und 1,7 m/min liegen – sich also wesentlich unterscheiden –, sind die Flammenausbreitungsgeschwindigkeiten in waagerechter Anordnung praktisch gleich. Selbstverständlich ist für Gardinen- und Vorhangstoffe in der Regel die senkrechte Probenanordnung maßgebend. Weitgehend die gleichen Materialien wie in Bild 1 wurden als kleine Vorhänge von 2 m Höhe in Falten aufgehängt und am unteren Rand gezündet (Bild 2). Die Brennzeit wurde nach Erreichen der Markierungen in 0,5, 1,0 und 2,0 m Höhe durch die Flammenfront sowie durch die Flammenbasis ermittelt. Ergebnisse von 58 Vorhangstoffen sind in Bild 3 den Ergebnissen im Kleinversuch in einer Probenanordnung von 45° gegenübergestellt. Eine gewisse Korrelation (Korrelationskoeffizient 0,81) ist vorhanden. Einschränkend ist zu berücksichtigen, daß die Großversuche an den Gardinen in der Regel nur an einer Probe durchgeführt wurden; daher sind die Ergebnisse mit größeren Fehlern behaftet.

Bei Arbeitsschutzkleidung wird häufig die Forderung „schwerentflammbar“ gestellt. Diese verbale Forderung ist aber für Bekleidungstextilien nicht durch spezifische Prüfverfahren und Anforderungen definiert. In der Regel wird darunter verstanden, daß bei einer begrenzten Flammeneinwirkung, z. B. nach DIN 53906 „Bestimmung des Brennverhaltens – Senkrechtmethode, Zündung durch Kantenbeflammung“, das Material nicht zündet bzw. nach wenigen Sekunden wieder verlöscht. Eine geeignete Realdefinition wäre durch die Brennkategorie S-b nach DIN E 66 083 gegeben. Baumwoll-Arbeitsschutzkleidung kann waschbeständig flammhemmend ausgerüstet werden. Nach Untersuchungen der BAM können diese Ausrüstungen bis etwa 50 Kochwäschen nahezu voll wirksam sein. Ist die Kleidung wesentlich länger haltbar – dies wird bei stärkerer Beanspruchung oft nicht der Fall sein –, so muß damit gerechnet werden, daß bei einer größeren Anzahl von Kochwäschen der flammhemmende Effekt verlorengeht.

Bild 2.
Brennversuch an Vorhangstoff.



Für Arbeitsschutzkleidung z. B. in mechanischen Werkstätten oder in Krankenhäusern sind keine speziellen flammhemmenden Eigenschaften gefordert. Dies ist auch nicht notwendig, zumal flammhemmende Arbeitsschutzkleidung etwa 50 % teurer als übliche Schutzkleidung ist. Es sollte aber trotzdem sichergestellt sein, daß bei einer zufälligen Zündung das Material in einer Geschwindigkeit abbrennt, die dem Träger eine angemessene Schutz-

reaktion ermöglicht. Dies wäre bei derartiger Kleidung dann der Fall, wenn sie der Brennkategorie S-c oder auch S-d nach DIN E 66 083 entspricht, d. h. eine maximale Flammenausbreitungsgeschwindigkeit von 1000 mm/min bzw. 1500 mm/min aufweist.

Das Gewicht eines Textilmaterials, das sog. Flächengewicht, beeinflusst das Brennverhalten entscheidend. Durch die in den letzten Jahrzehnten veränderten Lebensgewohnheiten – zen-

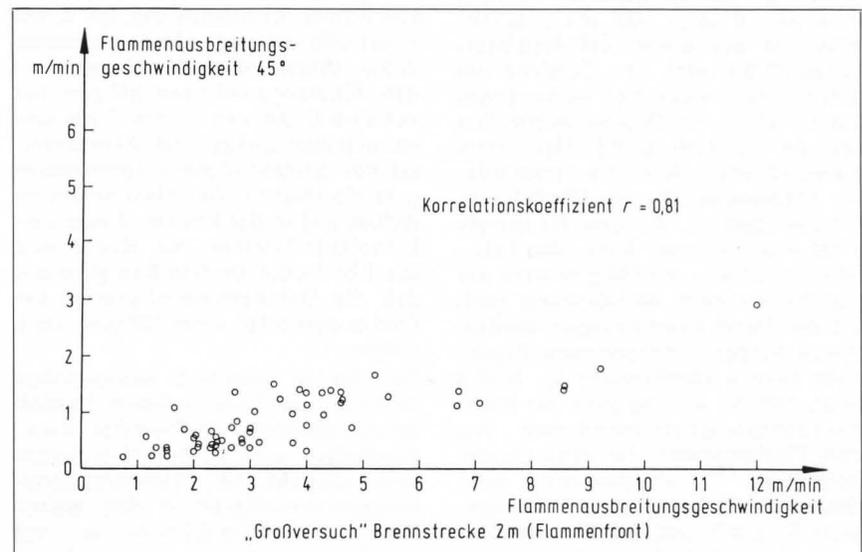


Bild 3. Verhältnis der Flammenausbreitungsgeschwindigkeit an Vorhangstoffen, Großversuch/45°.

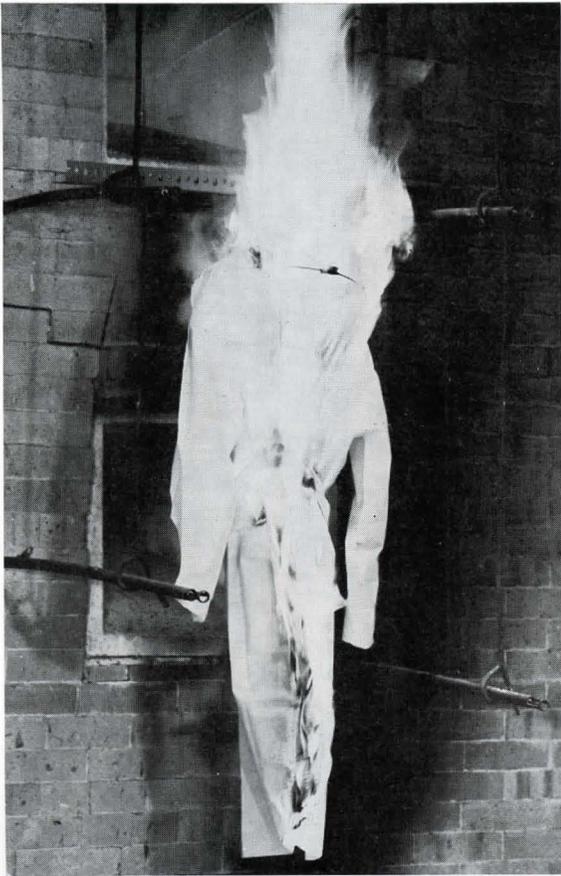


Bild 4. Brennversuch an Einwegkittel (55 g/m²) aus Zellulosefasern, 8 s nach Zündung.

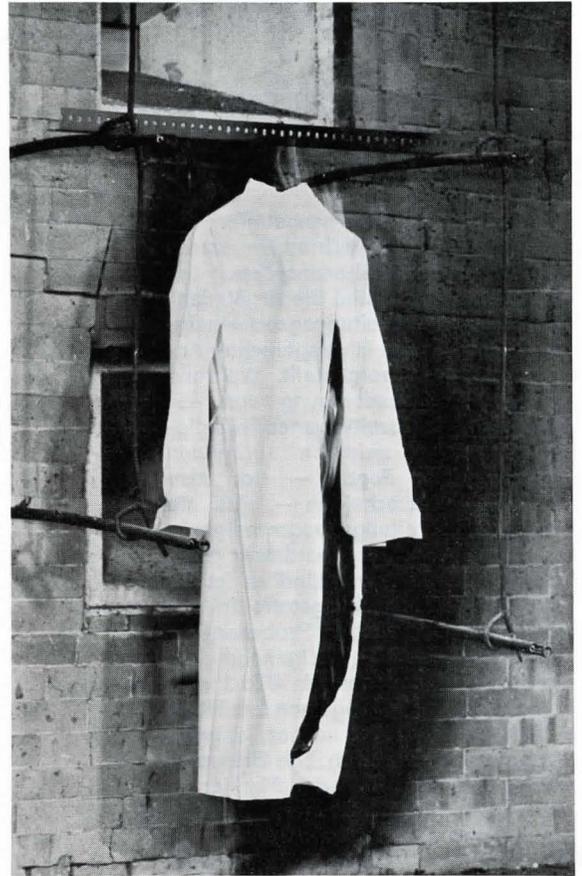


Bild 5. Brennversuch an Baumwollkittel (184 g/m²), 30 s nach Zündung.

tralbeheizte Räume – ist Arbeitskleidung heute oft viel leichter als vor 50 Jahren. In Krankenhäusern sind hygienische Gesichtspunkte für die Kleidung entscheidend, deshalb werden oft sog. Einweg- oder Wegwerf-Textilien z. B. aus Vliesstoff verwendet. Diese Kleidung ist sehr leicht, einmal aus Preisgründen, zum anderen, weil bei der notwendigen Vernichtung des Materials die Umweltbelastung gering gehalten werden muß. Bild 4 zeigt, daß ein Krankenhauskittel aus einem Zellulosefaser-Vliesstoff 8 s nach der Zündung am unteren Rand wesentlich weiter abgebrannt ist als ein Baumwollkittel 30 s nach der Zündung (Bild 5). Der Unterschied ist allein durch die verschiedenen Flächengewichte von 55 g/m² bzw. 184 g/m² bedingt. An dem Baumwollkittel – ein üblicher Arzt- oder Laboratoriumskittel – mit 184 g/m² kann die Flamme 8 s nach der Zündung noch mit der Hand ausgeschlagen werden. Hierzu wurden umfangreichere Ergebnisse bereits veröffentlicht [5]. Bild 6 zeigt, daß die Abhängigkeit der Flammenausbreitungsgeschwindigkeit von dem Flächengewicht für etwa gleiche Rohstoffe (Zellulosefasern) recht streng gilt. Zwischen dem Flächengewicht F (g/m²) und der Flammenausbreitungsgeschwindigkeit V (m/min) ergibt sich für diese Textilien ein funktionaler Zusammenhang der Form

$V \times F = c$ (Zahlenwert der Konstante $c = 313$). Berechnet man für diese Funktion die Korrelation, so erhält man für die Ergebnisse den sehr guten Korrelationskoeffizienten von 0,98. Interessant ist dabei, daß der Aufbau, die Dicke und die Dichte dieser Textilien extrem unterschiedlich sind. Die Dicke der Materialien von Bild 6 liegt zwischen 0,2 mm und 9,4 mm; dabei hat z. B. das eine Material mit dem Flächengewicht von 482 g/m² eine Dicke von 9,3 mm. Es handelt sich um dünne Vliesstoffe mit einer eingeschlossenen dicken Watteschicht. Ein Gewebe mit dem Flächengewicht von 248 g/m² hat nur eine Dicke von 1,1 mm. Trotz dieser enormen Dichte- und Dickenunterschiede besteht diese ausgesprochen gute Korrelation. Der Unterschied im Aufbau und in der Struktur dieser Zellulosefaser-Textilien aus Bild 6 wird aus Bild 7 deutlich. Bild 6 zeigt ferner, daß die Brenngeschwindigkeiten bei Flächengewichten unter 100 g/m² stark steigen.

Bei den in Tabelle 2 ausgewählten Textilien aus Zellulosefasern handelt es sich ebenfalls um Produkte, deren Ergebnisse auch in Bild 6 enthalten sind. Obwohl die Flammenausbreitungsgeschwindigkeit in dem weiten Bereich von 0,8 bis 9,2 m/min liegt und die Flächengewichte zwischen 30 und 432 g/m², werden alle Proben innerhalb 1 s gezündet. Nach diesen Ergeb-

nissen sind die LOI-Werte nicht zur Charakterisierung des sehr unterschiedlichen Brennverhaltens geeignet, wenn auch die wichtige Brenngeschwindigkeit erfaßt werden soll.

In den letzten Jahren wurde auch über die Brennbarkeit von Bettwäsche diskutiert. Bei diesen Materialien spielt deren Anordnung – z. B. über eine Matratze gespannt – eine entscheidende Rolle. Werden Gewebe für Laken über kleine Matratzen gespannt und an einem frei überstehenden Rand gezündet, dann verbrennt in der Regel das überstehende Gewebe schnell; erreicht aber die Flamme den Bereich, wo das Material auf der Unterlage aufliegt, so erlischt es oft ohne Fremdeinwirkung.

Bei textilen Fußbodenbelägen ist das Brennverhalten weitgehend durch die Anordnung auf dem Fußboden bestimmt. Seit Jahren wurden viele Berichte über Brände in Räumen mit textilen Fußbodenbelägen kritisch ausgewertet. Es haben sich die Ergebnisse einer Befragung bei Berufsfeuerwehren bestätigt, die im wesentlichen zeigten, daß textile Bodenbeläge auch bei ausgedehnten Bränden wenig zum Brandgeschehen beitragen [6]. Der Grund liegt in der Temperaturverteilung innerhalb des Brandraumes. Herzog [7] führte Großbrandversuche in einem Raum mit anschließendem Korridor durch. In dem Raum wurde durch

Tabelle 2 LOI-Wert, Flammenausbreitungsgeschwindigkeit und Zündzeit an verschieden schweren und dicken Zellulosefaser-Textilien

Material	Dicke	Flächengewicht	Zündzeit	Flammenausbreitungsgeschwindigkeit senkrecht	LOI-Wert
	mm				
Vliesstoff	0,3	30	< 1	9,2	17,9
Vliesstoff	0,3	54	< 1	5,5	17,8
Vliesstoff	0,2	55	< 1	7,1	18,9
Watte	7,5	160	< 1	1,9	18,6
Gewebe	0,5	184	1	1,8	19,4
Vliesstoff/Watte	7,9	241	< 1	1,5	20,4
Vliesstoff/Watte	9,3	482	< 1	0,8	21,2

Ölbrenner eine Wärmemenge von 420 000 kJoule/h erzeugt und zusätzlich ein Holzstoß aus trockenem Fichtenholz (etwa 15 000 Joule/kg) verbrannt. Damit wurden die Bedingungen der Einheitstemperaturkurve nach DIN 4102 Teil 2 erreicht. In dem direkt anschließenden Korridor, der mit textilem Bodenbelag ausgelegt war, betrug die Temperaturen 400 bis 500 °C, d. h. der Korridor wäre als Rettungsweg nicht mehr benutzbar gewesen. An den gleichen Stellen im Korridor, aber unmittelbar über dem Fußboden, lagen die Temperaturen nur bei 200 bis 300 °C. Die Teppichböden in dem Korridor verkohlten meist nur in der unmittelbaren Nähe des Brandraumes, in dem die Temperatur etwa 1000 °C betrug, der Teppichboden leitete aber trotz der starken Luftströmung den Brand nicht weiter. Insofern ist die Überlegung, daß ein Teppichboden der Brennklasse T-a nach DIN 66 081 im Sinne der DIN 4102 Teil 1 als schwerentflammbar anzusehen ist, recht realistisch. Nach dem Stand der derzeitigen Verhandlungen wird aber für Fußbodenbeläge B 1 gemäß DIN 4102 Teil 1 neben der Brennklasse T-a noch eine zusätzliche Prüfung notwendig werden.

Prüfungen an Tapeten – einschließlich Textiltapeten – zeigten ebenfalls sehr anschaulich den Einfluß der Anordnung des Materials, in diesem Falle der Verklebung [8]. Verschiedenartige Tapeten verbrannten im Ausgangszustand. Waren sie aber gut verklebt, so wurden sie auch nicht durch 60 s Beflammung mit einem Gebläsebrenner in Brand gesetzt. Sie verkohlten lediglich im Einwirkungsbereich der Flamme.

4. Brandrisiko von Textilien

Aus den bisherigen Ausführungen ist ersichtlich, daß das Brandrisiko von Textilien bei den einzelnen Verwendungsgebieten sehr unterschiedlich ist. Statistische Unterlagen über das Brandrisiko dieser Textilien sind dürftig, eine gewisse Übersicht wurde be-

reits früher gegeben [9, 10]. Seitdem hat sich die Situation kaum verändert. Die Abgrenzung eines Textilbrandes ist schwierig. Einerseits ist jeder Brand, bei dem z. B. die Bekleidung brennt, ein Textilbrand, andererseits

ist die Kleidung aber z. B. nach dem Bespritzen mit Spiritus oder Arbeitskleidung nach Anreicherung mit Sauerstoff sicher nicht die Ursache des Brandes. Mit ziemlicher Sicherheit kann man davon ausgehen, daß in den westeuropäischen Ländern die Eintrittswahrscheinlichkeit eines tödlichen Unfalles durch einen Textilbrand bei etwa 1 : 1 Million liegt. Zum Vergleich sei nur angeführt, daß die entsprechenden Verhältnisse für tödliche Stürze im Haushalt bei etwa 1 : 7000 und die durch Drogenmißbrauch in Berlin (West) bei etwa 1 : 25 000 liegen. Die Eintrittswahrscheinlichkeit von 1 : 1 Million würde bedeuten, daß etwa 5 % der tödlichen Brandunfälle mit Textilien in ursächlichem Zusammenhang stehen. Betrachtet man die einzelnen Unglücksfälle kritisch, so ist vielleicht sogar dieser Wert noch zu hoch gegriffen. Da sich sowohl aus amerikanischen wie aus europäischen Unterlagen recht deutlich herauschält, daß über 40 % der Todesopfer bei allen Bränden durch das Rauchen im

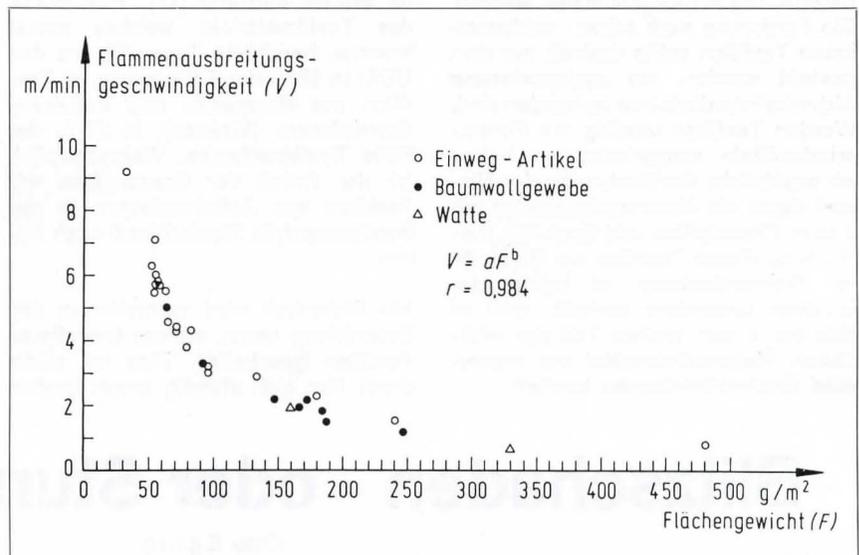


Bild 6. Abhängigkeit der Flammenausbreitungsgeschwindigkeit von Textilien aus Zellulosefasern vom Flächengewicht, Probenanordnung lotrecht.

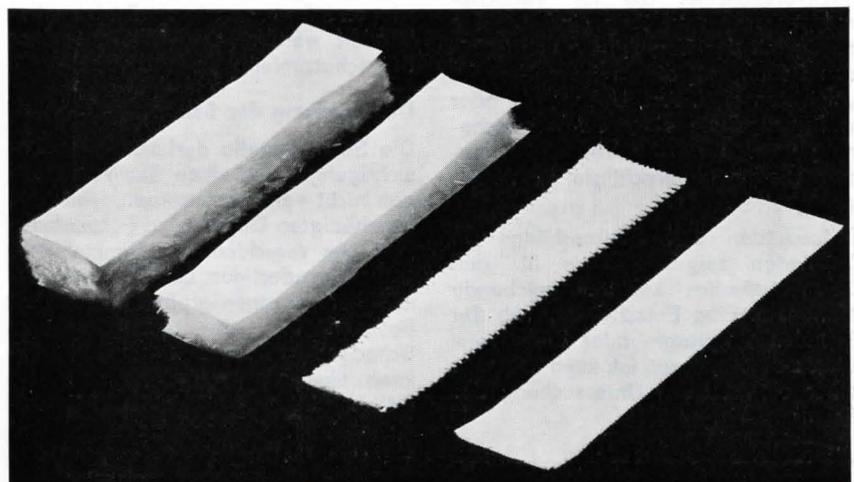


Bild 7. Textilien unterschiedlicher Konstruktion und Dicke
a) 482 g/m², 9,3 mm; b) 241 g/m², 7,9 mm; c) 245 g/m², 1,1 mm; d) 166 g/m², 0,5 mm.

Bett ums Leben kommen, so ist zugleich festzustellen, daß es sich bei vielen dieser Brände um Schwelbrände handelt, bei denen die Opfer ersticken bzw. vergiftet werden. Schwelbrände in Betten sind durch schwer entflammbare Textilien kaum einzuschränken, da die Textilien häufig mehr Rauch als unbehandelte Textilien entwickeln. Wie nachgewiesen wurde, kommt ein großer Teil der Opfer in Schlafräumen ums Leben. Schwer entflammbare Bettwäsche müßte mit 20 bis 30 % Flammenschutzprodukten ausgerüstet werden; unabhängig von der notwendigen physiologischen Beeinträchtigung und der Verteuerung um etwa 30 % wird die Problematik durch die Entwicklung in den USA aufgezeigt. Nachdem man dort jahrelang für Kinder schwer entflammbare Nachtbekleidung gefordert hatte, stellte man nunmehr fest, daß etwa 50 % dieser Kleidung mit krebs-erzeugenden Substanzen ausgerüstet worden war. Kurzfristig wurde derartige Bekleidung verboten und mußte vom Handel gegen Erstattung des Kaufpreises zurückgenommen werden. Die Forderung nach schwer entflammbaren Textilien sollte deshalb nur dort gestellt werden, wo nachgewiesene Sicherheitsbedürfnisse vorhanden sind. Werden Textilien unnötig mit Flamm-
schutzmitteln ausgerüstet, so haben wir zusätzliche Gefährdungen der Umwelt durch die Abwasserbelastung mit diesen Chemikalien und durch die Vernichtung dieser Textilien am Ende ihrer Gebrauchsdauer zu befürchten; letzteres besonders deshalb, weil es sich bei einem großen Teil der wirksamen Flammschutzmittel um organische Bromverbindungen handelt.

Wurde das Brennverhalten der Textilien durch die zunehmende Verbreitung der Chemiefasern in den letzten 30 Jahren entscheidend verändert? Zur Zeit sind noch etwa 60 % aller verarbeiteten Textilfasern Naturfasern, im wesentlichen Baumwolle und Wolle. Das Verhältnis Wolle/Baumwolle betrug 1920 etwa 1:5, 1970 etwa 1:8. Das Brennverhalten der verschiedenen Chemiefasern liegt bei etwa gleichartiger Verarbeitung zwischen dem Brennverhalten von Textilien aus diesen beiden Naturfasern, d. h. einige Chemiefasern brennen praktisch wie Baumwolle, andere ähneln mehr dem der Wolle. Allein aus diesen Überlegungen geht hervor, daß sich durch die Chemiefasern das Brandrisiko nicht wesentlich verändert haben kann. Wahrscheinlich ist von größerem Einfluß der höhere Zellulosefaseranteil und die bereits aufgezeigte Tendenz zu leichteren Textilien. Letzteres wird auch durch die statistische Angabe bestätigt, wonach etwa 37 % der Kleiderbrände im Sommer und etwa 17 % im Winter auftraten [11]. Hinsichtlich des Textilmaterials, welches zuerst brannte, berichtete Tovey [9] aus den USA; in 63 % der Fälle waren es Textilien aus Baumwolle und Zellulosechemiefasern (Viskose), in 25 % der Fälle Synthesefasern. Wahrscheinlich ist der Anteil der Brandunfälle mit Textilien aus Zellulosefasern in der Bundesrepublik Deutschland noch höher.

Mit Sicherheit wird weiterhin an der Entwicklung neuer, schwer brennbarer Textilien gearbeitet. Dies ist allein durch den sich ständig ausweitenden

Einsatz von Textilien in technischen Bereichen notwendig. Alle Maßnahmen und Forderungen hinsichtlich der Brennbarkeit von Textilien sollten aber auf den Verwendungszweck der Produkte abgestimmt sein, um nicht geringe Risiken zu vermindern und dafür andere Risiken unangemessen zu vergrößern.

Literatur

- [1] N. N. Wool Science Review (1971), No. 40, 28–42
- [2] K. H. Möller, „schadenprisma“ 3/75, 56–58
- [3] R. Beraw, Z. Moss, Fa. Du Pont, 1977, unveröffentlichte Mitteilung
- [4] G. Stamm, Textilveredlung 12 (1977), H. 8, 320–326
- [5] L. Meckel, D. Herzog, Krankenhaus-Umschau 46 (1977), H. 4, 220–227
- [6] L. Meckel, Brandschutz 28 (1974), 307–310 u. A. Lehnen, L. Meckel, Chemiefasern 27/79 (1977), 267–269
- [7] W. Herzog, Vortrag Intercarpet 1978
- [8] A. Rook, Tapetenzeitung 16 (1977), 17–26
- [9] H. Tovey, Lenzinger Berichte (1976), H. 40, 80–87
- [10] L. Meckel, A. Rook, Melliand Textilbericht 57 (1976), H. 1, 58–64
- [11] M. Rieber, Lenzinger Berichte (1976), H. 40, 69–77

Blitzschaden - oder Sturmschaden?

Otto Egel n

Einleitung

Sachverständige, die für Versicherungsunternehmen tätig sind, werden häufig mit der Regulierung von Schäden beauftragt, die in ihrer Ursache umstritten sind. Aus Unkenntnis oder in Ermangelung einer Sturmversicherung werden an die Versicherer immer wieder unberechtigte Forderungen gestellt.

Blitzschäden und Sturmschäden an Gebäuden zeigen oftmals für den Laien äußerlich kaum abweichende Merkmale. Eine Entscheidung, ob der Schaden auf Sturm- oder Blitzeinwirkung zurückzuführen ist, kann nur nach einer eingehenden Untersuchung der Schadenstelle erfolgen.

Otto Egel n, Ing. (grad.) im Hause Landschaftliche Brandkasse Hannover.

In diesem Beitrag sollen nur landwirtschaftlich genutzte Gebäude mit vorwiegend flach geneigten Dächern behandelt werden, die nicht mit einer Blitzschutzanlage versehen sind.

Untersuchung der Schadenstelle

Die Schadenstelle darf vor einer Besichtigung durch einen Sachverständigen nicht verändert werden. Von dem beschädigten Objekt sind Fotoaufnahmen aus verschiedenen Himmelsrichtungen anzufertigen. Derartige Aufnahmen können einen großen Beweiswert besitzen. Für die Beurteilung des Schadens und die Ursachenermittlung kann eine nähere Beschreibung der örtlichen Lage des Objektes, z. B. freistehend, aufgelockerte Bebauung, und Art des Geländes von wesentlicher Bedeutung sein. Von dem Sachverständigen sollte daher eine maßstäbliche Lageskizze des beschädigten

Objektes mit Angabe der Nordrichtung angefertigt werden. Außerdem sind folgende Punkte festzuhalten:

1. Eintritt des Schadens, Datum und Uhrzeit
2. Art und Größe des Objektes
3. Alter
4. Art der Bedachung
5. Höhenunterschied des Daches zwischen First und Traufe
6. aus dem Dach hervorstehende Teile, wie z. B. Schornsteine oder Dachaufbauten
7. offene Seiten des Gebäudes
8. elektrische Anlagen im Gebäude
9. Art und Umfang der Schäden in der näheren Umgebung des beschädigten Objektes
10. Zerstörungen, die durch eine Windbruchgasse verursacht wurden.