

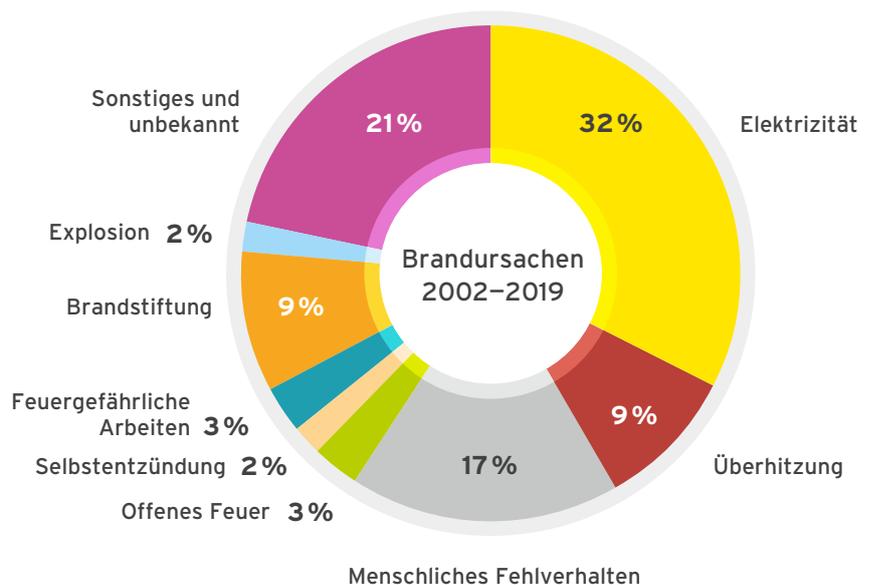
Selbstentzündung

Eine vermeidbare Brandursache

Seit Jahrzehnten ermittelt das Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer e.V. (IFS) die Ursachen von Brandschäden. Das komplexe Schadensgeschehen bildet sich dabei in der Schadendatenbank des Institutes ab, welche die Brandursachen nach Kategorien aufschlüsselt.

Aus der Schadendatenbank geht hervor, dass etwa 2 % der durch das IFS untersuchten Brandschäden auf eine Selbstentzündung zurückzuführen sind (Grafik 1).

Trotz intensiver Aufklärungsarbeit liegt der Anteil der Selbstentzündungen dabei in der IFS-Ursachenstatistik auch über die Jahre hinweg relativ konstant bei diesem Wert.



Grafik 1 / Prozentuale Verteilung der Brandursachen für die Jahre 2002 bis 2019

Quelle: IFS-Schadendatenbank; Werte gerundet

Viele Brandschäden, die durch eine Selbstentzündung verursacht werden, sind jedoch vermeidbar. Selbstentzündungen treten nicht zufällig auf. Sie beruhen auf den Eigenschaften eines Stoffes in Verbindung mit den Umgebungs- bzw. Prozessbedingungen, denen dieser Stoff ausgesetzt wird. Ist die Selbstentzündungsgefahr eines Stoffes bekannt, so kann durch Steuerung der äußeren Bedingungen die Selbstentzündung vermieden werden.

Voraussetzungen für eine Selbstentzündung

Voraussetzung für eine Selbstentzündung ist zunächst ein wärmeerzeugender Vorgang. Ein solcher exothermer

Prozess kann chemischer, physikalischer oder biologischer Natur sein. Oft wird auch eine Kombination dieser Prozesse beobachtet.

Wird die bei den exothermen Prozessen entstehende Wärme infolge einer thermischen Isolation nicht ausreichend an die Umgebung abgeführt, kommt es infolge des Wärmestaus zu einem Temperaturanstieg. Durch die Erwärmung laufen die wärmeerzeugenden Prozesse schneller ab, wodurch wieder mehr Wärme freigesetzt wird.

Der Selbsterwärmungsprozess beschleunigt sich und erreicht schließlich die Zündtemperatur brennbarer Stoffe. Die Selbsterwärmung ist dann in eine Selbstentzündung übergegangen.



Bild 1

Bild 1 + 2 / Brandbereich

Bild 3 / Aufgefundene Überreste des Lappens (Pfeile)



Bild 2



Bild 3

Beispiele für exotherme Prozesse

- **chemisch**
Oxidationsreaktionen von ungesättigten Ölen mit Luftsauerstoff, wie sie zum Beispiel bei mit Leinölfirnis getränkten Lappen auftreten.
- **physikalisch**
Adsorptionswärme, wie sie zum Beispiel bei der Anlagerung von Stoffen an Aktivkohle frei wird.
- **biologisch**
Aktivität thermophiler Mikroorganismen, wie sie zum Beispiel bei der Heuselbstentzündung in den nicht ausreichend abgetrockneten Knoten von Grashalmen zur Selbsterwärmung führt.

Schadenbeispiel 1 | Selbstentzündung von Holzöl

Die Renovierungsarbeiten in einer Dachgeschosswohnung standen kurz vor dem Abschluss. In einem letzten Arbeitsschritt hatten Mitarbeiter einer Hausmeisterfirma die Zimmertüren geölt. Das auf der Basis von Leinöl

hergestellte Holzöl war mit einem Pinsel an den Türen aufgetragen und mit einem Lappen verrieben worden. Der mit dem Holzöl benetzte Lappen war zum Feierabend bei dem sonstigen Arbeitsmaterial für den späteren Abtransport bereitgelegt worden. Bei der Rückkehr am nächsten Morgen wurde die Wohnung stark verrußt vor-

gefunden. In der Nacht hatte es einen Brandschaden gegeben, der infolge des Sauerstoffmangels selbstständig erloschen war. Der mit Holzöl benetzte Lappen hatte sich entzündet (**Bild 1 bis 3**). Auf dem Etikett des Holzöles war auf die Selbstentzündungsgefahr hingewiesen worden, was aber keine Beachtung gefunden hatte. ▶



Bild 4

Bild 4 / Brandherd in dem Wäschewagen vor dem Auswurfschacht des Industrieräschetrockners

Schadenbeispiel 2 | Selbstentzündung fettverschmutzter Wäsche

In der Halle einer Großwäscherei wurde bis 18:00 Uhr gearbeitet. Kurz vor Betriebsschluss wurde die soeben in einem Industrieräschetrockner getrocknete Wäsche in einen Wagen aus Aluminium gegeben. Am nächsten Morgen fanden die Mitarbeiter der Frühschicht die gesamte Halle der Wäscherei stark verrußt vor. In der Nacht hatte die Wäsche in dem Wäschewagen gebrannt.

Durch die brandbedingte Beschädigung einer wasserführenden Leitung war das Feuer dann aber selbsttätig verloschen (**Bild 4 bis 7**). Ein brandursächlicher technischer Defekt war im Zuge der Untersuchungen zur Brandursache auszuschließen. Die in dem Wäschewagen befindlichen „Wischmops“ und Putzlappen waren durch ungesättigte Öle und Fette verschmutzt, die durch den Waschvorgang nicht gründlich entfernt worden waren. Durch die im Wäschetrockner zugeführte Wärme war innerhalb der in den Wäschewagen gefüllten Textilien eine Selbsterwärmungsreaktion in Gang gesetzt worden. Der Wärmestau innerhalb der dicht gepackten „Wischmops“ und Putzlappen in dem Wäschewagen führte dann zu einer Selbstentzündung.



Bild 5

Bild 5 + 6 / Brandherd in dem Wäschewagen (Pfeile)

Schadenbeispiel 3 | Selbstentzündung von Filterstäuben

In einem metallverarbeitenden Betrieb wurden Schweißdämpfe abgesaugt und über eine Filteranlage gereinigt. Die Filtermedien wurden beim Erreichen einer gewissen Druckdifferenz durch einen Druckluftstoß abgereinigt, wobei das feinstaubartige Metallpulver in einen Auffangbehälter unterhalb der Filteranlage fiel.

Innerhalb eines halben Jahres war die Filteranlage gleich zweimal von einem Brandschaden betroffen. Der zweite Brandschaden blieb zumindest auf die Filteranlage beschränkt, was der Löschanlage zuzuschreiben ist. Diese war beim Wiederaufbau der Anlage nach dem ersten Schadenereignis installiert worden. Eine technische Brandursache sowie der Eintrag glimmender, von Schweißarbeitsplätzen ausgehender Partikel konnten durch die Untersuchungen des IFS vor Ort ausgeschlossen werden (**Bild 8 bis 11**).

Die asservierten Filterstäube wiesen hingegen bei der Laboruntersuchung eine deutliche Neigung zur Selbstentzündung auf. In der Konsequenz dieser Erkenntnis wurde empfohlen, die



Bild 6

Filteranlage regelmäßig zu reinigen und auch den Auffangbehälter in kurzen Zeitabständen zu entleeren. Dadurch wird die Ansammlung selbstentzündlicher Metallstäube in der Anlage und somit das Risiko eines weiteren Brandschadens verringert.



Bild 8



Bild 9

Bild 8 / Blick auf die schadenbetroffene Filteranlage (Pfeil)
Bild 9 / Teildemontage der Filterkörbe mit Blick auf den Brandbereich (Pfeil)



Bild 7

Bild 7 / Detailaufnahme

Schadenbeispiel 4 | Selbstentzündung von Heu

Vom Brandschaden betroffen war ein landwirtschaftliches Gebäude. Das Lager für Heu und Stroh befand sich über dem Kuhstall, aus dem dieses in den Stall abgeworfen werden konnte.

Etwa 6 Wochen nach dem Einbringen des Heus standen das Erntegut und die Scheune plötzlich in Flammen.

Die Untersuchungen des IFS zur Brandursache zeigten, dass das Feuer durch eine Selbstentzündung entstanden war (Bild 12 bis 15, s. S. 8). Es waren charakteristische Brandkanäle festzustellen, die ihren Ursprung im Inneren der Heulagerung hatten. Das Heu wies zudem einen tabakartigen Fermentationsgeruch auf. Es war bei der Ernte zu feucht eingelagert worden.

Einzelne Heuballen hatten sich überhitzt und sich dann selbst entzündet. Messungen der Kerntemperatur in den Heuballen mit einer Heumesssonde, mit denen eine sich abzeichnende Überhitzung im Vorfeld hätte erkannt werden können, hatten vor Schadeneintritt nicht stattgefunden.

Die vier Schadenbeispiele zeigen, dass Selbstentzündungen in den unterschiedlichsten Bereichen und bei den verschiedensten Materialien auftreten. Gemeinsam ist allen Selbstentzündungen aber stets das oben beschriebene Grundprinzip: **Der wärmeerzeugende Prozess führt erst in Verbindung mit einem Wärmestau zu einer Brandentstehung.**

Selbstentzündung durch Leinölfirnis

Ein Großteil der in der Schadendatenbank des IFS erfassten Brandschäden ist auf den unsachgemäßen Umgang mit Leinölfirnis zurückzuführen. Beispielhaft für Selbstentzündungen soll daher an dieser Stelle auf die Selbstentzündung von Leinölprodukten eingegangen werden.

Leinölfirnis wird auf der Basis von natürlichem Leinöl hergestellt. Als Holzbehandlungsmittel hat es wegen einer zunehmend ökologischen Ausrichtung im Bausektor eine weite Verbreitung erfahren.

Das Gefahrenbewusstsein im Umgang mit derartigen Produkten ist aber nicht im gleichen Maße gestiegen. Zwar sind auf den Gebinden von Leinölfirnissen ▶



Bild 10



Bild 11

Bild 10 / Brandspuren am Fallschacht zum Sammelbehälter der Metallstäube (Pfeile)
 Bild 11 / Brandbetroffener Sammelbehälter der Stäube (1) und Vergleichsbehälter (2)

Bild 12



Bild 12 / Blick auf die schadenbetroffene Scheune

Bild 13



Bild 13 + 14 / Brandkanäle im Heulager (Markierungen und Pfeile)

Bild 14



Bild 15 / Im Heustock werden mit einer Messsonde Temperaturen > 110 °C gemessen.

Bild 15



zumeist Warnhinweise vorhanden, die auf die Selbstentzündungsgefahr hinweisen. Oft sind diese aber nur sehr klein geschrieben und heben sich kaum von der übrigen Deklaration auf dem Gebinde ab. Oder die Warnhinweise werden bei der Verwendung des Produktes gar nicht gelesen, weil ein einfaches Anstrichmittel vermeintlich selbsterklärend ist.

Lappen und Polierpads, die zum Auftragen von Leinölfirnis verwendet wurden, können sich bei unsachgemäßer Entsorgung aber von selbst entzünden. Typisch ist, dass dies erst Stunden nach dem Arbeitsende geschieht und der Brand somit zunächst unbemerkt bleibt.

Das Schadenbeispiel 1 schildert einen typischen Schadenhergang. Nach den Erfahrungen des IFS aufgrund zahlreicher Untersuchungen werden solche Schäden sowohl durch Hobbyhandwerker als auch im handwerklichen Bereich durch Parkettleger oder Schreiner verursacht.

Warum ist aber Leinölfirnis im Gegensatz zu anderen Ölen, wenn es mit Tüchern aufgetragen wird, so besonders selbstentzündlich? Leinöl ist ein natürliches Pflanzenöl, das durch das Auspressen der reifen Samen des Flachses gewonnen wird. Von der chemischen Struktur her handelt es sich wie bei allen Ölen und Fetten um sogenannte Triglyceride.

Bei einem Triglycerid ist ein Glycerinmolekül mit drei unterschiedlichen oder gleichen Fettsäuren verestert (Grafik 2).



Grafik 2 / Schematischer Aufbau von Ölen und Fetten

Die verschiedenen Eigenschaften der Öle und Fette sind im Wesentlichen auf die unterschiedlichen Fettsäuren zurückzuführen, die an das Glycerin gebunden sind. Relevant dafür, ob ein Triglycerid in einer exothermen Reaktion mit dem Luftsauerstoff reagiert, ist der Anteil an Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen in den Fettsäuren. Sind keine Doppelbindungen vorhanden, spricht man von gesättigten Fettsäuren, da die Fettsäuren für eine Oxidation bereits abgesättigt sind. Gesättigte Fettsäuren tragen somit nicht zu einem Selbsterwärmungsprozess bei. Beispiele für Fette mit einem hohen Anteil an gesättigten Fettsäuren sind Butter, Kokos- und Palmkernfett.

Ungesättigt nennt man Fettsäuren, wenn sie Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen enthalten. Bei der Reaktion mit Luftsauerstoff besonders reaktiv sind dabei die mehrfach ungesättigten Fettsäuren, in denen mehrere Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen vorliegen. Von seiner natürlichen Fettsäurezusammensetzung her weist Leinöl einen hohen Anteil an diesen mehrfach ungesättigten Fettsäuren auf. Mit einem Gehalt von 56 bis 71 % stellt Linolensäure die Hauptfettsäure des Leinöls dar (Tabelle 1). Diese dreifach ungesättigte Fettsäure reagiert besonders wirksam mit dem Luftsauerstoff, wodurch das Leinöl durch oxidative Quervernetzungen in einem exothermen Prozess aushärtet. Andere Öle, wie zum Beispiel Rapsöl oder Olivenöl, enthalten deutlich weniger Linolensäure. Das natürliche Fettsäurespektrum dieser Öle wird eher durch die einfach ungesättigte Ölsäure dominiert. Dadurch oxidieren diese Öle bei Anwesenheit von Luftsauerstoff weniger leicht.

Um den Aushärtprozess auf den zu behandelnden Holzoberflächen zu beschleunigen, sind käuflich zu erwerbenden Leinölfirnissen katalytisch wirksame Salze zugesetzt. Zumeist handelt es sich um Mangan- oder Cobaltsalze. Im Verkaufsgebilde des Firnisses ist die Kontaktfläche des Produktes zum Luftsauerstoff relativ gering, sodass es zu keiner merklichen Reaktion kommt. Zudem kann die an der Kontaktfläche

Name der Fettsäure	Kurzbezeichnung	Klassifizierung	Leinöl	Rapsöl	Olivöl
Palmitinsäure	16:0	gesättigt	4,0 – 6,0	2,5 – 7,0	7 – 20
Palmitoleinsäure	16:1	einfach ungesättigt	n. n. – 0,5	n. n. – 0,6	0 – 3,5
Stearinsäure	18:0	gesättigt	2,0 – 3,0	0,8 – 3,0	0,5 – 5
Ölsäure	18:1	einfach ungesättigt	10,0 – 22,0	51,0 – 70,0	55 – 83
Linolsäure	18:2	zweifach ungesättigt	12,0 – 18,0	15,0 – 30,0	3,5 – 21
Linolensäure	18:3	dreifach ungesättigt	56,0 – 71,0	5,0 – 14,6	n. n. – 1,0

Tabelle 1 / Auszug aus dem Fettsäuremuster verschiedener Öle (Gew.-% der Gesamtfettsäuren)

Bei der Kurzbezeichnung der Fettsäure gibt die Zahl vor dem Doppelpunkt die Anzahl der Kohlenstoffatome und die Zahl hinter dem Doppelpunkt die Anzahl der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen wieder.

n. n. = nicht nachweisbar

Quelle ^[1] und ^[2]

zwischen dem Leinölfirnis und dem Luftraum im Gebinde entstehende Wärme weitgehend ungehindert abgeführt werden. Eine gute Wärmeabfuhr ist auch gewährleistet, wenn der Leinölfirnis auf einer zu behandelnden Holzoberfläche aufgetragen wird und hier aushärtet. Anders verhält es sich, wenn zum Beispiel ein Lappen mit Leinölfirnis benetzt ist. Durch die große innere Oberfläche des mit Firnis benetzten Lappens ist die Kontaktfläche zum Luftsauerstoff deutlich erhöht. Es kommt an der Kontaktfläche zu einer intensiven exothermen Reaktion. Die aus dieser Reaktion resultierende Wärme kann jedoch nicht abgeführt werden, wenn der Lappen zerknüllt oder in Packungen verdichtet entsorgt wird. In dem Lappen kommt es dann zu einem Wärmestau, durch den die Temperatur ansteigt. Nach einer Faustregel in der chemischen Kinetik läuft eine chemische Reaktion bei einer um 10 °C erhöhten Temperatur doppelt bis dreimal so schnell ab. Der durch die exotherme Reaktion hervorgerufene Temperaturanstieg führt somit dazu, dass der wärmeerzeugende Prozess beschleunigt wird und weitere Wärme produziert.

Innerhalb eines thermisch gedämmten Lappens kann sich die Temperatur so weit „aufschaukeln“, dass beispielsweise die Zündtemperatur des Lappens erreicht wird. Man spricht von einer Selbstentzündung, da der Brand ohne eine äußere Zündquelle entstanden ist.

Untersuchungen zum Nachweis einer Selbstentzündung

Der Nachweis, dass ein Schadenfeuer durch eine Selbstentzündung entstanden ist, ist oft schwierig. In der Regel setzt er voraus, dass andere Brandursachen im Zuge eines Eliminationsverfahrens mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden können. Wird die Selbstentzündung auf die Kontamination von Textilien mit Ölen oder Fetten zurückgeführt, ist es zum Beispiel möglich, in aufgefundenen Überresten von Lappen oder Schleifpads den Fettgehalt und das Fettsäuremuster zu bestimmen. Aus den Messwerten kann dann auf eine mögliche Selbstentzündung zurückgeschlossen werden. In einigen Fällen ist es dem IFS sogar gelungen, in Überresten von Lappen zusätzlich zu der vorgenannten Analytik eine deutliche Menge des Elementes Cobalt nachzuweisen. Dieses war in Form von Cobaltsalzen als Katalysator in dem jeweils vor Schaden Eintritt verwendeten Leinölfirnis enthalten. Somit war belegt, dass die in den Schadenfällen im Brandausbruchbereich aufgefundenen Lappenreste mit Leinölfirnis benetzt waren.

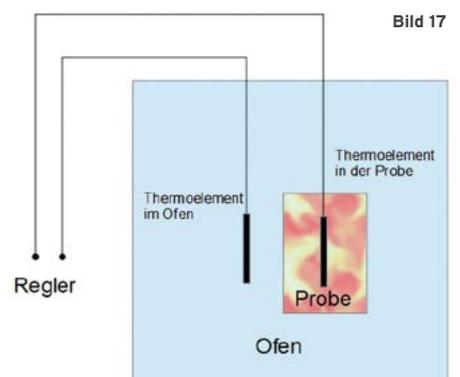
Zur Bestimmung des Selbstentzündungsverhaltens von verschiedenen Materialien hat sich im IFS ein Verfahren etabliert, bei dem die „thermische Antwort“ einer zu untersuchenden Probe gemessen werden kann.

Die im Labor des IFS in Kiel vorhandene Apparatur besteht aus einem elektrisch beheizbaren Ofen, der durch ein vorzugebendes Temperaturprogramm computergesteuert hochgeheizt wird.

Die zu untersuchende Probe befindet sich in dem Ofen und ist mit einem Temperaturfühler versehen (**Bild 16 und 17**). ▶



Bild 16 / Die zu untersuchende Probe befindet sich in dem Ofen und ist mit einem Temperaturfühler versehen. **Bild 17** / Schematische Darstellung der Messapparatur zur Untersuchung des Selbstentzündungsverhaltens



Um das Auftragen einer flüssigen Probe auf eine große Oberfläche zu simulieren, wird die flüssige Probe in einem definierten Verhältnis mit einem Trägerstoff gemischt. Als Trägerstoff wird hauptsächlich Kieselgur verwendet, aber auch Baumwolltücher oder Steinwolle können eingesetzt werden. Fortlaufend wird während des langsamen Hochheizens die Temperatur im Ofen und die Temperatur der auf dem Trägerstoff aufgetragenen Probe gemessen. Es wird ein Temperatur-Zeit-Diagramm aufgezeichnet. Ist die Probentemperatur 25 °C höher als die des Ofens, wird nicht weitergeheizt, sondern die Ofentemperatur bleibt konstant bei der bis dahin erreichten Temperatur. Bei der Auswertung des aufgezeichneten Temperatur-Zeit-Diagramms ist dann ersichtlich, ob die Probe bei thermischer Anregung eine über die Ofentemperatur hinausgehende Selbsterwärmung zeigt, welche in eine Selbstentzündung übergeht.

Reaktivität verschiedener Ölproben

Mit diesem im IFS entwickelten Verfahren wurde das Selbstentzündungsverhalten von käuflich zu erwerbendem Olivenöl, Rapsöl, Leinöl und Leinölfirnis untersucht. Dazu wurden 80 g Kieselgur mit je 110 g des zu untersuchenden Öls vermengt und in einen mit einem Tuch ausgekleideten Drahtkorb eingebracht (Bild 18).



Bild 18 / Auf Kieselgur aufgetragenes Öl in einem mit einem Tuch ausgekleideten Drahtkorb

Das Mengenverhältnis von Trägermaterial zu Probematerial war so gewählt worden, dass sich eine trockene, streuselartige Masse bildete. Eine solche Versuchsmischung bietet einerseits eine

große, luftzugängliche, reaktive Oberfläche des Probematerials, andererseits aber auch gute thermische Dämmeigenschaften. Zu prüfende Selbsterwärmungsprozesse können so begünstigt ablaufen. Bei der Untersuchung wurde jede Probe im Ofen, beginnend bei Raumtemperatur, langsam erwärmt. Durch die standardisierten Bedingungen sind die Kurven verschiedener Proben direkt miteinander vergleichbar (Grafik 3).

Bei allen vier untersuchten Proben ist eine Selbsterwärmung festzustellen, die in eine Selbstentzündung übergeht. Das Probematerial verfärbt sich während der Versuche braun bis schwarz (Bild 19).

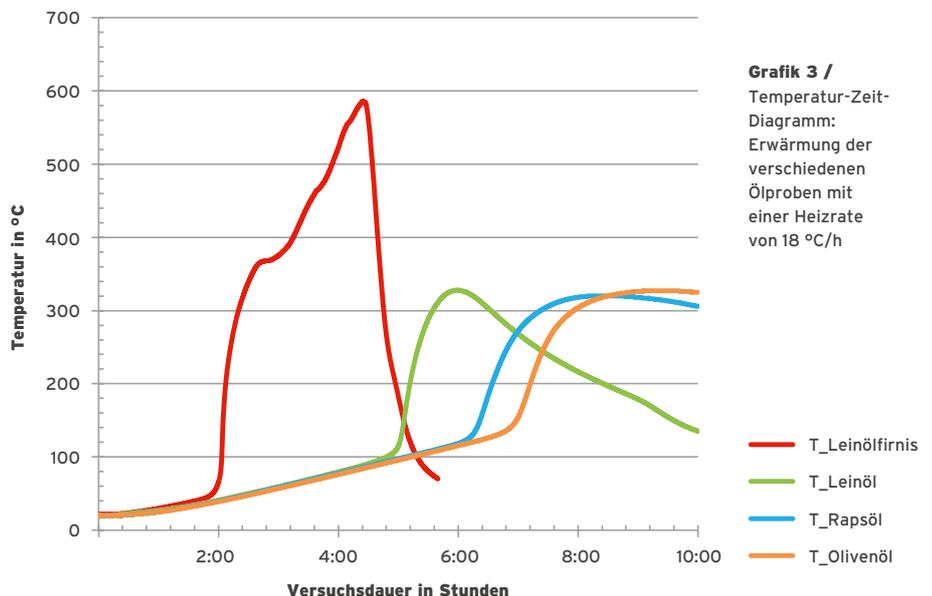


Bild 19 / Das Probematerial verfärbt sich während der Versuche braun bis schwarz.

Es ist jedoch eine unterschiedliche Reaktivität der Proben zu beobachten: Am reaktivsten ist der Leinölfirnis (rote Linie in Grafik 3). Die Selbsterwärmung beginnt bereits etwa 2 Stunden nach dem Versuchsbeginn bei einer Ofentemperatur von ca. 40 °C. Mit über 500 °C fällt das erreichte Temperaturmaximum

bei Leinölfirnis im Vergleich der vier untersuchten Öle am höchsten aus. Im Gegensatz dazu ist die Reaktivität von reinem Leinöl (grüne Linie in Grafik 3) geringer. Die Selbsterwärmung setzt erst deutlich später bei einer höheren Temperatur ein und auch das erreichte Temperaturmaximum fällt geringer aus. Die höhere Reaktivität des Leinölfirnisses gegenüber dem reinen Leinöl ist auf die dem Firnis zugesetzten Katalysatoren zurückzuführen, die die Oxidation der Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen beschleunigen. Der als Trocknungsmittel zugesetzte Katalysator bewirkt, dass ein Anstrich mit Leinölfirnis innerhalb kurzer Zeit abtrocknet. Der zugesetzte Katalysator bewirkt aber auch, dass der exotherm verlaufende Abtrocknungsprozess in mit Leinölfirnis benetzten Lappen oder Polierpads beschleunigt abläuft und dass sich diese bei einem Wärmestau von selbst entzünden können.

Zwischen Leinöl, Rapsöl und Olivenöl ist unter den genannten Versuchsbedingungen ebenso eine Abstufung in den Reaktivitäten festzustellen. Zwar unterscheidet sich das erreichte Temperaturmaximum bei den drei Ölen nur wenig, aber die Selbsterwärmung setzt bei den Ölen deutlich abgestuft ein. So beginnt die Selbsterwärmung von Rapsöl (blaue Linie in Grafik 3) erst ca. 6 Stunden nach dem Versuchsbeginn bei 120 °C und die Selbsterwärmung von Olivenöl (orangefarbene Linie in Grafik 3) erst



Probe	Iodzahl des Öles ^[3]	Versuchsdauer, nach der die Selbsterwärmung einsetzt	Ofentemperatur, bei der die Selbsterwärmung einsetzt	Maximale Temperatur bei der Selbstentzündung
Leinölfirnis	–	2 h	40 °C	582 °C
Leinöl	155 – 205	4,5 h	80 °C	325 °C
Rapsöl	105 – 115	6 h	120 °C	320 °C
Olivenöl	79 – 80	7 h	135 °C	326 °C

Tabelle 2 / Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

ca. 7 Stunden nach dem Versuchsbeginn bei 135 °C. Die höhere Reaktivität von Leinöl ist dabei auf den hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren zurückzuführen. Das Fettsäurespektrum von Olivenöl weist weniger ungesättigte Fettsäuren auf und ist daher in Bezug auf eine Selbstentzündung weniger reaktiv. Der Anteil ungesättigter Fettsäuren im Fettsäurespektrum von Rapsöl liegt dazwischen (**Tabelle 1**).

Zur analytischen Charakterisierung von Ölen und Fetten wurde in früheren Jahren auch die sogenannte Iodzahl herangezogen. Die Iodzahl ist ein Maß dafür, wie hoch der Anteil an reaktiven ungesättigten Fettsäuren in Ölen und Fetten ist. Je höher die Iodzahl ist, desto ungesättigter ist die Verbindung. Und desto größer ist naturgemäß die Gefahr einer Selbstentzündung. Die Ergebnisse der Untersuchung zur Selbstentzündung korrelieren mit den Iodzahlen der drei Öle: Leinöl besitzt mit 155 - 205 eine bedeutend höhere Iodzahl als Olivenöl mit 79 - 80. Leinöl ist daher bedeutend reaktiver als Olivenöl (**Tabelle 2**). Rapsöl hat eine Iodzahl von 105 - 115 und liegt im Oxidationsverhalten zwischen Leinöl und Olivenöl, was auch bei den Untersuchungen zum Selbstentzündungsverhalten festgestellt wurde. Im Vergleich aber zu diesen drei Ölen besitzt Leinölfirnis eine bedeutend größere Neigung zur Selbstentzündung schon bei niedrigen Umgebungstemperaturen, was auf den Zusatz von

Katalysatoren für den Aushärteprozess zurückzuführen ist. Liegt der Leinölfirnis fein verteilt auf einer großen Oberfläche vor, führen die dadurch ablaufenden autoxidativen Reaktionen in der Praxis schon bei Raumtemperatur zu einer Selbsterwärmung, die unter Bedingungen eines Wärmestaus in eine Selbstentzündung übergeht. Dass die im Labor ermittelte Ofentemperatur von 40 °C für die Selbstentzündung von Leinölfirnis etwas oberhalb der Raumtemperatur liegt, ist den standardisierten Laborbedingungen geschuldet.

Schadenverhütende Maßnahmen

Wie dargelegt, folgen Selbstentzündungen stets dem gleichen Grundprinzip: Der wärmeerzeugende Prozess führt in Verbindung mit einem Wärmestau zu einer Brandentstehung. Das bietet zwei Ansatzpunkte zur Schadenverhütung: Wo immer es möglich ist, sollte als Erstes der Prozess, der die Wärme erzeugt, vermieden werden. Angesichts der vielfältigen chemisch, physikalisch oder biologisch induzierten Prozesse ist dies jedoch oft schwierig. Der zweite Ansatzpunkt zur Schadenverhütung ist die Vermeidung eines Wärmestaus: Wenn die entstehende Wärme immer ausreichend abgeführt wird, kommt es ebenso nicht zur Selbstentzündung.

Für das betrachtete Beispiel eines mit Leinölfirnis benetzten Lappens be-

deutet dies, dass dieser mit Wasser auszuwaschen oder in Wasser zu lagern ist. Zur Vermeidung eines Wärmestaus sollte er beim Trocknen ausgebreitet ausgelegt oder im Freien zum Trocknen aufgehängt werden. Oft wird auch der Sicherheitshinweis gegeben, dass mit Leinölfirnis benetzte Lappen oder Polierpads in dichtschließenden Metallbehältern aufzubewahren sind. So kann zumindest vermieden werden, dass ein entstehender Brand nach außen tritt und weiteren Schaden anrichtet.

Fazit

Selbstentzündungen beruhen auf naturwissenschaftlichen Grundlagen und stellen eine zumeist vermeidbare Brandursache dar.

Ausblick

Das Phänomen der Selbstentzündung wurde in diesem Artikel grundlegend beleuchtet. Es ist aber keineswegs auf die hier genannten und auch allseits bekannten Materialien und Substanzen beschränkt. In Abhängigkeit von den Umgebungs- und Prozessbedingungen weisen zahlreiche weitere Stoffe eine Neigung zur Selbstentzündung auf. Gerade in industriellen Prozessen werden Stoffe zum Teil unter Bedingungen eingesetzt, bei denen die Gefahr einer Selbstentzündung erhöht ist. Eine Brandgefahr kann nur vermieden werden, wenn die Stoffeigenschaften bekannt sind und die Prozessbedingungen entsprechend angepasst werden. In einer der nächsten Ausgaben von schadenprisma werden wir daher in einem weiteren Beitrag auf die Selbstentzündlichkeit von Stoffen im industriellen Umfeld eingehen. ▲

Alfons Moors, Düsseldorf
Dr. Dana Wächter, Kiel
Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung
der öffentlichen Versicherer e.V. (IFS)

LITERATUR

- (1) Deutsche Lebensmittelbuch-Kommission (DLMBK): „Neufassung der Leitsätze für Speisefette und Speiseöle“, Stand 05.08.2011
- (2) Deutsche Gesellschaft für Fettwissenschaft e. V. – Das Deutsche Netzwerk für die Wissenschaft und Technologie der Fette, Öle und Lipide, „Fettsäurezusammensetzung wichtiger pflanzlicher und tierischer Speisefette und -öle“, abgerufen unter <http://www.dgfett.de/material/fszus.php>
- (3) „Römpp Chemie Lexikon“, 9. Auflage, 1992, Prof. Dr. Jürgen Falbe Düsseldorf, Prof. Dr. Manfred Regitz Kaiserslautern