

Der Einsatz von Askarel-gefüllten elektrischen Betriebsmitteln und ihre mögliche Substitution

Walter Wessel

Seit den dreißiger Jahren werden Askarele in elektrischen Betriebsmitteln, insbesondere bei Transformatoren und Kondensatoren eingesetzt. In der Bundesrepublik wurde vorwiegend das Askarel der Firma Bayer Leverkusen verwandt, das unter der Firmenbezeichnung „Clophen“ in den Handel kam. Der Anteil des Clophens ist im Vergleich zu anderen Askarelen wie Aroclor, Ineteen, Apirolin, Pyranol und Pyralene hier sehr hoch. In Fachkreisen wurde deshalb auch ausschließlich von Clophen-Transformatoren oder -Kondensatoren gesprochen.

Bei Clophen handelt es sich um ein Produkt auf der Basis von polychlorierten Biphenylen, deren Kurzbezeichnung PCB ist. Bei diesem Gemisch werden mehrere Wasserstoffatome durch Chloratome ersetzt.

Als Ende der sechziger Jahre (1968) etwa 1000 Personen nach dem Verzehr von Reisöl, das mit einem in der Raffinerie als Wärmeübertragungsöl verwendeten PCB kontaminiert war, erkrankten, befaßte man sich eingehend mit den auftretenden Gefahren. Im vorliegenden Fall nimmt man an, daß das in der Reisölraffinerie verwendete Übertragungsmittel Askarel durch undichte Anlagenteile in das Speiseöl eingesickert war. Aber auch bei anderen Betriebsunfällen, so z. B. im Jahre 1953 bei der BASF in Ludwigshafen oder bei Philips in Holland im Jahre 1963 sind Personen durch Vergiftungen zu Schaden gekommen. Bei der nach diesen Unfällen entbrannten Diskussion zeigt sich, daß die höher chlorierten Biphenyle (HPCB) schwer abbaubar und bioakkumulierbar und deshalb ökologisch bedenklich sind.

Nachdem diese Gefahren erkannt waren, gaben die Hersteller von mit Askarel gefüllten Transformatoren und Kondensatoren Merkblätter über den Umgang mit diesen Geräten heraus. Die Hauptge-

fahr sah man seinerzeit in der Berührung des PCB bei Leckagen und deren Beseitigung.

Brände in Kanada (Trafostation in Adelaide St. East 1977) und Schweden (nördlich von Stockholm 1978) zeigten erstmals die Gefahren, die bei der thermischen Zersetzung von Askarel auftreten. Aber erst im Jahre 1981, als ein Schalter im Keller des 18stöckigen State Office Building in Binghamton in Brand geriet und ein mit Askarel gefüllter Transformator in das Brandgeschehen einbezogen wurde, kam es zu einer ausgiebigen Diskussion zwischen den beteiligten Fachleuten, wie Hersteller, Betreiber, Feuerwehr, Aufsichtsbehörden usw. Nach den vorliegenden Informationen soll eine Durchführung eines Transformators geplatzt sein. Dabei sollen etwa 600 Liter Askarel ausgelaufen und in Brandkontakt geraten sein. Hierbei muß das ausgelaufene Askarel teilweise thermisch zersetzt und durch die Ventilation über die Klimaanlage im ganzen Gebäude verteilt worden sein. Aufgrund der Kontamination und der damit möglichen Gesundheitsgefährdung wurde das Gebäude geschlossen. Es ist bis heute noch nicht wieder freigegeben worden. In ersten Fachberichten wird, wie auch bei den vorerwähnten Fällen, kein klinischer Intoxikationsfall genannt.

Da die weitaus größeren Gefahren bei der thermischen Zersetzung der Askarele bei der Inkraftsetzung der 10. Bundes-Immissionsschutzgesetz-Verordnung (BImSchV) noch nicht bekannt waren, sucht man in der Bestimmung selbst wie auch in der Begründung zu dieser Bestimmung vergeblich einen Hinweis auf diese erhöhten Gefahren. Zwischenzeitlich sind jedoch die toxikologischen Probleme, die bei der thermischen Zersetzung durch Abspalten von Ultraradikalen auftreten, in der Fachpresse ausgiebig diskutiert worden. Auch wurden die ökologischen Gefahren aufgezeigt.

Es stellt sich nun die Frage, weshalb und wo diese Transformatoren oder Kondensatoren eingesetzt wurden, obgleich der

Preis eines solchen Betriebsmittels bis zu 30 % über dem eines mit Mineralöl gefüllten liegt.

Folgende technische Gründe sprechen für den Einsatz dieser mit synthetischem Öl gefüllten Geräte:

1. Sehr gute dielektrische Eigenschaften, insbesondere eine hohe Durchschlagfestigkeit
2. Flammwidrigkeit, daher keine brennbaren oder explosiblen Gase beim Auftreten eines elektrischen Lichtbogens
3. Hohe chemische Beständigkeit
4. Niedrige Viskosität.

Wenn auch niedrige Viskosität und gute dielektrische Eigenschaften ebenfalls den mineralischen Ölen – im Neuzustand oder wenn sie gut aufbereitet sind – zugeschrieben werden können, so bleiben diese Eigenschaften bei den synthetischen Ölen aber über lange Zeit erhalten. Sie sind gegen chemische Veränderungen im allgemeinen sehr widerstandsfähig. So treten z. B. in Anwesenheit von Metallen, die bei anderen Substanzen als Katalysator für Alterungsvorgänge wirken können, keine Veränderungen auf. Während sich bei Mineralölen durch Sauerstoffaufnahme Schlamm bildet und saure Produkte entstehen können, ist dies bei den Askarelen nicht der Fall. Grundsätzlich bewirkt eine Verminderung der Eigenschaften des Öls natürlich auch eine Verschlechterung der dielektrischen Eigenschaften. Bei PCB-gefüllten Transformatoren, die zwischenzeitlich über 20, teilweise 30 Jahre in Betrieb sind, wurde bis heute keinerlei Säure- oder Schlammbildung und somit keine negative Veränderung der dielektrischen Eigenschaften festgestellt. Um sie bei mit Mineralöl gefüllten Transformatoren zu erhalten, müssen diese in regelmäßigen Zeitabständen gereinigt und das Öl aufbereitet werden. Eine solche periodische Aufbereitung ist bei den Betriebsmitteln, die mit Askarel gefüllt sind, bis heute nicht erforderlich geworden.

Oberingenieur Walter Wessel,
Westfälische Provinzial-Feuersozietät,
Münster

Trotz dieser Vorteile wäre es nicht zu einer solchen Verbreitung von Askarel-Transformatoren oder -Kondensatoren gekommen, käme nicht der andere wichtige Gesichtspunkt der „Nichtbrennbarkeit“ hinzu.

Vielfach entschließen sich deshalb die Betreiber von Transformatoren und Kondensatoren aus Sicherheitsgründen für Askarel-gefüllte elektrische Betriebsmittel, vorwiegend jedoch, um Schwierigkeiten mit den Genehmigungsbehörden wegen der Brandschutzmaßnahmen aus dem Wege zu gehen, und weil bis heute keine gesetzliche Verordnung den Einsatz der Askarele in Transformatoren oder Kondensatoren verbietet; denn in der 10. BImSchV zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Beschränkung von PCB, PCT und VC*) vom 26. Juli 1978 heißt es unter § 2 wörtlich:

Verbot von PCB oder PCT enthaltenden Erzeugnissen

(1) Erzeugnisse im Sinne von § 1 Abs. 1 Nr. 1 bis 3 dürfen gewerbsmäßig oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen nicht in den Verkehr gebracht werden.

(2) Absatz 1 findet keine Anwendung auf folgende Erzeugnisse:

1. elektrische Vorrichtungen im geschlossenen System (Transformatoren, Widerstände und Drosselspulen),
2. große Kondensatoren mit einem Gesamtgewicht von wenigstens einem Kilogramm,
3. kleine Kondensatoren, die PCB mit höchstens 43 v.H. des Gewichts Chlor und nicht mehr als 3,5 v.H. des Gewichts mit pentachloriertem Biphenyl oder stärker chlorierten Biphenylen enthalten,
4. geschlossene Wärmeübertragungssysteme, soweit sie nicht für den Einsatz in Anlagen bestimmt sind, die der Behandlung von Erzeugnissen zur Ernährung von Menschen oder Tieren oder der Behandlung von pharmazeutischen oder Veterinärerzeugnissen dienen,
5. Hydraulikanlagen für untertägige Bergwerksanlagen,
6. Ausgangs- und Zwischenerzeugnisse für die Weiterverarbeitung zu anderen Erzeugnissen, die nicht unter das Verbot dieser Verordnung fallen.

Hier wird also verbindlich ausgesagt, daß Transformatoren und Kondensatoren

unter die Ausnahmebestimmung des Abs. 2 fallen. Die derzeitige Rechtslage schränkt also die Weiterverwendung von Askarel-Transformatoren und -Kondensatoren in der Bundesrepublik Deutschland nicht ein. Zur Frage, weshalb in der Vergangenheit überhaupt die teuren Askarel-Transformatoren eingesetzt wurden, muß man sich mit der „Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen“ – Elt Bau-VO – befassen.

Aber auch in VDE 0101 „Musterentwurf über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen“ wird im Geltungsbe- reich bestimmt, daß diese Verordnung für

1. Waren- und sonstige Geschäftshäuser,
 2. Versammlungsstätten, ausgenommen Versammlungsstätten in Fliegenden Bauten,
 3. Büro- und Verwaltungsgebäude,
 4. Krankenhäuser, Altenpflegeheime, Entbindungs- und Säuglingsheime,
 5. Schulen und Sportstätten,
 6. Beherbergungsstätten, Gaststätten,
 7. geschlossene Großgaragen und
 8. Wohngebäude
- gilt.

Auf die allgemeinen Bestimmungen der Elt Bau-VO soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden, nur die Absätze, die für die Aufstellung von Transformatoren von Bedeutung sind, seien erwähnt:

§ 5

Zusätzliche Anforderungen an elektrische Betriebsräume für Transformatoren und Schaltanlagen mit Nennspannungen über 1 kV

(1) Elektrische Betriebsräume für Transformatoren und Schaltanlagen mit Nennspannungen über 1 kV müssen von anderen Räumen feuerbeständig abgetrennt sein. Wände von Räumen mit Öltransformatoren müssen außerdem so dick wie Brandwände sein. Öffnungen zur Durchführung von Kabeln sind mit nichtbrennbaren Baustoffen zu schließen.

(3) Elektrische Betriebsräume für Öltransformatoren dürfen sich nicht in Geschossen befinden, deren Fußboden mehr als 4 m unter der festgelegten Geländeoberfläche liegt. Sie dürfen auch nicht in Geschossen über dem Erdgeschoß liegen.

Aufgrund des § 5 können und dürfen Öltransformatoren also nicht überall eingesetzt werden. Das Haupteinsatzgebiet der Askarel-Transformatoren war und ist somit dort, wo keine abgemauerten Transformatorboxen mit einem direkten Ausgang und einer Lüftung ins Freie vorhanden sind. Dies ist in vielen Fällen in Geschäftshäusern und Versammlungsstätten, wo z. B. die Transformatoren im Kellergeschoß oder in einer Etage untergebracht sind, gegeben. Da Askarel von den Herstellern als unbrennbar deklariert wird, sah auch die Aufsichtsbehörde keine zusätzliche Brandgefahr durch den Einsatz dieses Isoliermittels. Aber auch die Versicherer hatten gegen die Aufstellung keine Bedenken. So werden bis heute auch noch keine automatischen Feuerlösch- oder Warnanlagen verlangt.

Die Hauptgefahr – und die bezog sich auf die Brandgefahr – sah man in der Aufstellung des Mineralöl-gefüllten Transformators. Es war deshalb logisch, daß für ihn die erschwerten Aufstellungsbestimmungen erlassen wurden, zumal – wenn auch äußerst selten – durch einen Lichtbogen im Öltransformator von diesem ein

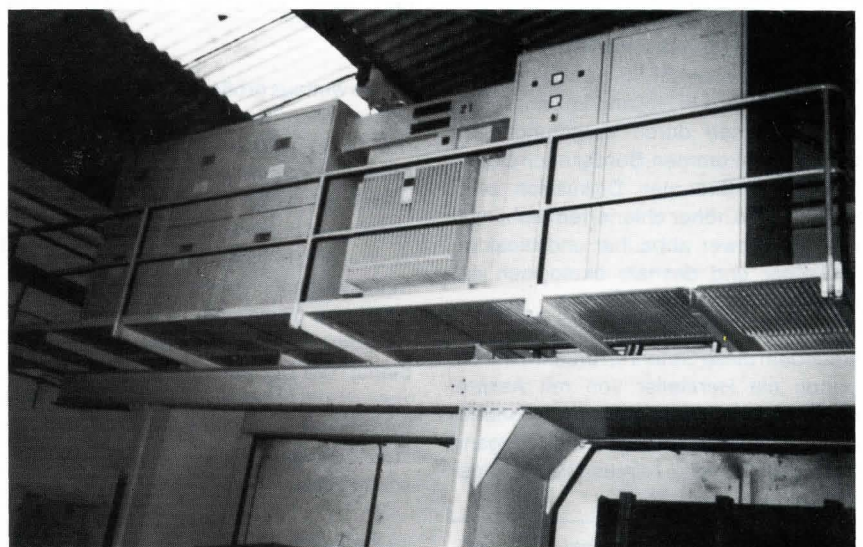


Bild 1. Schwerpunktstation mit Clophen-Transformator auf einer Hochbühne innerhalb des Produktionsbetriebes. Der Trafo besitzt keine Auffangwanne für auslaufendes Clophen.

*) PCB = polychlorierte Biphenyle
PCT = polychlorierte Terphenyle
VC = Vinylchlorid (1-Chloräthen)

Brand ausgehen konnte. Auch sah man die Brandbelastung des Transformators bei einem von außen an ihn herangetragenen Brand als erheblich an. Diese Argumente entfielen beim Askarel-Transformator, da das Askarel als unbrennbar galt. Nach den heutigen Erkenntnissen würde man sicherlich anders verfahren; denn auch die Elt Bau-VO berücksichtigt noch nicht dieses Risiko.

In Fabriken werden Askarel-Transformatoren oft ohne bauliche Maßnahmen in unmittelbarer Nähe der Verbraucher installiert. Das hat den Vorteil, daß in den Niederspannungsleitungen die Energieverluste sehr gering sind. Bei dieser Anordnung spricht man von sog. Schwerpunktstationen. Hierbei ist der Transformator direkt mit den Hoch- und Niederspannungsfeldern über blanke Sammelschienen verbunden. Außerdem war man früher der Ansicht, daß die für Mineralölgefüllte Transformatoren vorgeschriebene Auffanggrube bei der Verwendung von Askarel entfallen könnte. Von diesen Vorteilen, nämlich Freizügigkeit bei der Aufstellung der Anlage und geringere Anforderungen an den Brandschutz, machte die Industrie regen Gebrauch.

So ist es auch nicht verwunderlich, daß etwa 95 % der Askarel-gefüllten Transformatoren in der Industrie und in Versammlungsstätten eingesetzt sind und nur 5 % von den Elektrizitätsversorgungsunternehmen erworben wurden. Aber auch hier kann man davon ausgehen, daß die meisten dieser Transformatoren als Stationstransformatoren in Hochhäusern, Versammlungsstätten oder dgl. eingesetzt sind. Als reine Netzstation in Verteilungsnetzen ist kaum ein Askarel-Transformator zu finden.

Askarel-Transformatoren haben nach neuesten Schätzungen der Industrie eine Lebensdauer von etwa 50 Jahren. Bei dieser Lebensdauer muß zumindestens im industriellen Bereich mit einem Umsetzen des Transformators gerechnet werden, da sich durch die zunehmende Automatisierung ein neuer Schwerpunkt oder eine von der ursprünglich vorgesehene Trasse abweichende Fertigungsstraße ergibt. Beschädigungen beim Aufstellen können auftreten, so daß ein Teil des Askarels ausläuft (siehe Clophen-Merkblätter und Erläuterungen der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik in Köln). Hier wird es sich zwar immer um nur ganz geringe Mengen handeln, deren Beseitigung keine Schwierigkeit bereiten dürfte. Da seit etwa 1950 vermehrt in der Bundesrepublik Transformatoren mit Askarel gefüllt wurden, muß man etwa um die Jahrhundertwende damit rechnen, daß die ersten Transformatoren zur Verschrottung anstehen. In den ersten Jahren werden es noch relativ wenige sein, während sich in

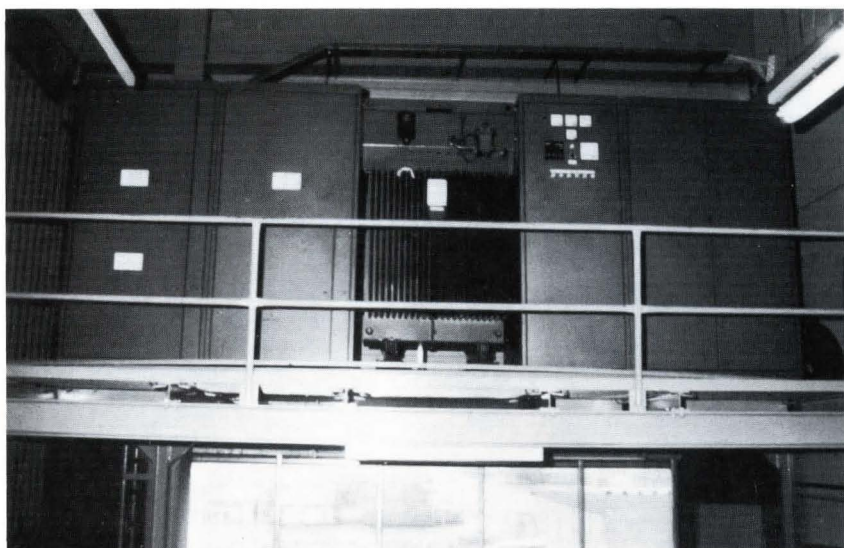


Bild 2. Ausführung wie Bild 1, jedoch mit Auffangwanne.

den folgenden Jahren, also etwa nach dem Jahre 2000, die Zahl ständig erhöht wird. Man rechnet damit, daß seit den 50er Jahren zur Füllung von Transformatoren etwa 30 bis 33.000 t PCB verwendet worden sind. Hiervon sind bis zum Jahre 1960 ca. 10 % und bis zum Jahre 1970 15 % angeliefert worden. Mit anderen Worten, 90 % des eingesetzten PCB ist jünger als 20 Jahre.

Die Füllung der Transformatoren bestand früher zu 30 % bis 45 % aus Trichlorbenzol und zu 55 % bis 70 % aus PCB. Heute liegt das Verhältnis bei 20 % Trichlorbenzol und 80 % PCB.

Würde man den mittleren PCB-Gehalt der heutigen Transformatoren mit etwa 65 % PCB annehmen, so müßten etwa 66.000 Askarel-Transformatoren auf dem Markt sein, wenn man den mittleren Inhalt eines Leistungstransformators mit 0,7 t

annimmt und von einer vorhandenen PCB-Menge von 30.000 t ausgeht ($0,65 \times 0,7 \times 30.000 = 66.000$). Nach Angaben des ZVEI sollen etwa 60.000 Clophen-Transformatoren in der Bundesrepublik zur Aufstellung gekommen sein.

Ähnliche Verhältnisse liegen bei den Leistungskondensatoren vor, wobei jedoch der vorhandene PCB-Anteil geringer sein dürfte, da seit etwa 4 bis 5 Jahren hochchloriertes PCB (HPCB) nicht mehr verwendet wird. Soweit überhaupt noch PCB bei Kondensatoren eingesetzt wird, handelt es sich um niederchloriertes PCB (NPCB). Im Jahre 1979 wurden in der gesamten Bundesrepublik für den Bereich der Kondensatoren einschließlich der importierten Menge etwa 540 t NPCB eingesetzt. Zum Vergleich: bei Transformatoren etwa 1.500 t HPCB.

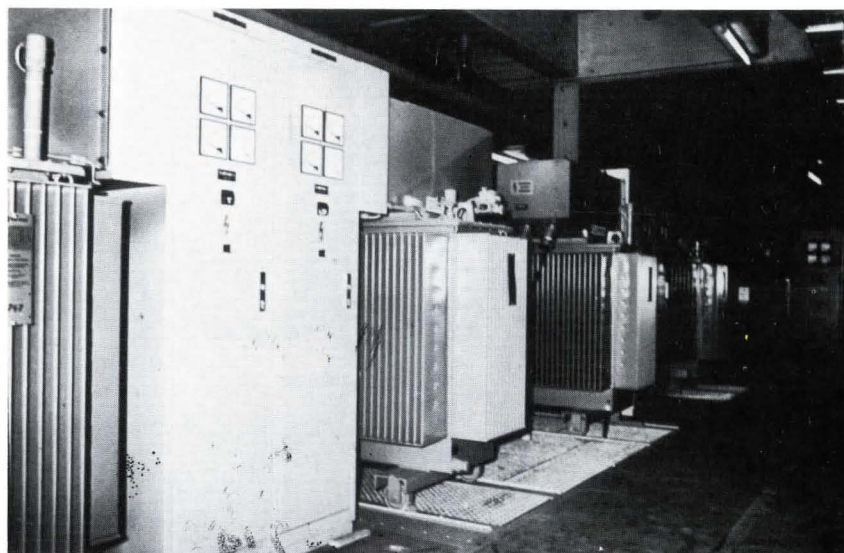


Bild 3. Clophen-Transformator ebenerdig. Die Belüftung erfolgt über Gitterroste vom Keller. Keine Auffangvorrichtung.

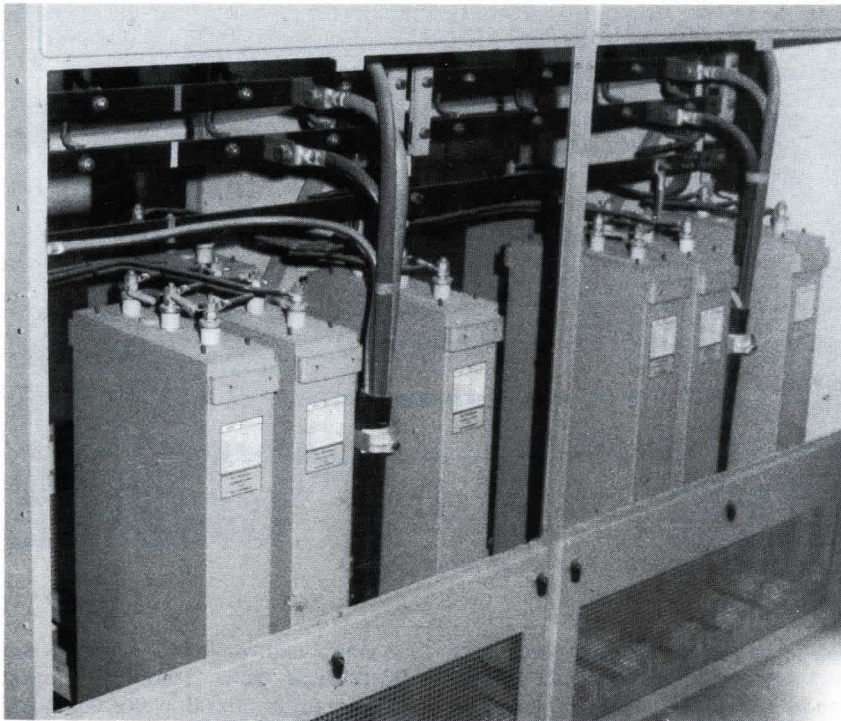


Bild 4. Clophen-Leistungskondensatoren im Gebäude unterhalb einer Regelanlage.

In der Praxis werden Leistungs-Kondensatoren, die als Isoliermittel Clophen enthalten, seit Jahren in Niederspannungs-räumen, also innerhalb von Gebäuden, untergebracht. Es ist also keine Ausnahme, wenn z. B. die Kompensationsanlage mit den zugehörigen Kondensatoren in oder in der Nähe von Niederspannungsanlagen aufgestellt wurden. Zur Festkompensation befinden sich diese Kondensatoren, da sie mit Schutzhauben versehen sind und die Gefahr eines elektrischen Schlages ausgeschlossen war, teilweise in den Fertigungsstätten oder neben Antriebsmotoren. Selbst dort, wo die Mineralöl-gefüllten Transformatoren in abgemauerten Boxen entsprechend der Eit Bau-VO eingestellt werden, findet man die Kompensationskondensatoren innerhalb der Gebäude ohne jeglichen Brandschutz. Aber auch dort, wo Gießharz- oder Trockentransformatoren, ganz gleich aus welchen Gründen eingesetzt wurden, findet man im gleichen Raum Leistungskondensatoren mit Clophen.

Substituierbarkeit

Werden die PCB-Transformatoren und -Kondensatoren aus den vielfältigen ökologischen und toxikologischen Bedenken heraus verboten, so sollte man sich schon heute Gedanken machen, inwieweit und wodurch sie substituiert werden können. Als scheinbar einfachste Lösung bietet sich an, das PCB gegen andere Isolierflüssigkeiten auszuwechseln.

Hierfür kämen in Frage:

Mineralöle, Silikonöle und Paraffinöle.

Ein Austausch von Askarel durch Mineralöl ist unwirtschaftlich, da man hier in jedem Fall entsprechend der Eit Bau-VO*) eine räumliche Trennung mit einem direkten Ausgang ins Freie vornehmen muß. Außerdem ist zu beachten, daß das Mineralöl, soll es PCB-frei sein, keine Restmenge über 50 ppm besitzen darf. Das bedeutet, daß z. B. ein 1.000 kVA-Transformator mit 1.000 kg Askarel nach dem Umfüllen nur noch 50 g PCB-Restbestand haben darf. Das abgefllossene Askarel müßte zusammen mit dem Spülmittel entsorgt werden. Zudem müßte nach jedem Spülvorgang die Isolierflüssigkeit auf PCB-Gehalt untersucht werden. Jede Untersuchung würde aber etwa 500 DM kosten und könnte nur von den Herstellern der Askarele, z. B. des Clophens, durchgeführt werden.

*) für gewerblich genutzte Gebäude s. auch VDE 0101, Abs. 5,4.2 c)

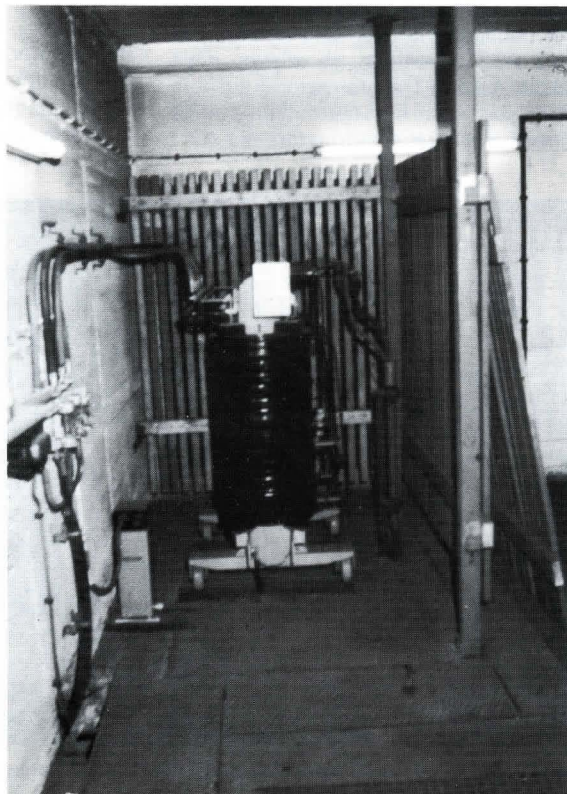


Bild 5. Trockentransformator im Keller einer Bank. Zur Kompensation ist ein Clophenkondensator vorhanden.

Bleibt die Frage, wie es mit den Silikon- und Paraffinölen steht. Seit über einem Jahr werden von vorwiegend ausländischen Firmen Silikonöle oder auch Paraffinöle angeboten. Nach den vorliegenden Firmeninformationen kann generell gesagt werden, daß beide Öle einen bedeutend höheren Flamm- und Brennpunkt besitzen als Mineralöl.

	Flammpunkt	Brennpunkt
Mineralöl	160 Grad C	173 Grad C
Silikonöl	285 Grad C	343 Grad C
Paraffinöl	285 Grad C	312 Grad C
Askarele	170-200 Grad C	(ohne)

Die Hersteller von Silikonöl weisen darauf hin, daß sich im Falle eines Brandes auf der Oberfläche der Flüssigkeit eine Siliziumdioxidschicht ausbildet, die eine selbstlöschende Wirkung auf die Flamme ausübt. Als Folge dieser Eigenschaften sollen nach einer Untersuchung des Southwest Research Institut (USA) vom Zeitpunkt der Entstehung des Brandes bis zum Verlöschen der Flamme nur ca. 15–20% der Silikone verbrennen. Der beim Abbrand erzeugte Rauch soll leicht weißlich sein und nur in geringer Menge entwickelt werden; der von Paraffinen soll relativ dicht und dunkel sein. Es werden aber auch für die Paraffine Vorteile ins Feld geführt. So sollen sie den Vorteil haben, daß der Lichtbogen im Innern des Transformators weitgehend unterdrückt wird, d. h., durch die Lichtbogenenergie werden weniger Gase freigesetzt.

Es soll und kann an dieser Stelle keine Prognose darüber gestellt werden, welche der beiden Flüssigkeiten sich auf dem Markt durchsetzen wird. So müssen verschiedene Parameter, wie Kühlung, Verhalten bei kurzfristiger Überlastung, Alterung usw., berücksichtigt werden.

Sollte ein Askarel-Transformator umgefüllt werden, so muß das Gehäuse, aber auch der Kern, d. h. die Wicklung, mit deren Traggestell gespült werden. Hier wird die Vakuum-Entgasung als eine günstige Methode angesehen. Wie schon erwähnt, sind Transformatoren erst als PCB-frei anzusehen, wenn ihr Restgehalt unter 50 ppm liegt.

Dieser letzte Wert ist trotz der genannten Vakuum-Entgasung im allgemeinen nur kurzzeitig in der Flüssigkeit, aber nicht für den ganzen Transformator zu erreichen. Der wirtschaftliche Aufwand ist auch schon im Hinblick auf die Probleme des Brandschutzes kaum zu vertreten, denn beide Flüssigkeiten haben einen Flammpunkt unter 300 Grad C und besit-

zen einen Brennpunkt, der nur etwas darüberliegt. So können und dürfen diese Transformatoren bzw. Kondensatoren nicht ohne konstruktive Sondermaßnahmen so aufgestellt werden, wie Betriebsmittel mit Askarefüllung.

In den USA sollen jedoch von den Versicherern beide Ersatzflüssigkeiten ohne zusätzliche Feuerschutzmaßnahmen akzeptiert worden sein, auch wird kein Risikozuschlag verlangt. In der Bundesrepublik müssen sich die technischen Gremien erst mit dem Brandverhalten dieser Ersatzflüssigkeiten befassen, bevor eine endgültige Stellungnahme zu erwarten ist. Für Bauten besonderer Art und Nutzung wird schon die öffentliche Bauaufsicht in der Bundesrepublik zusätzliche Maßnahmen beim Aufstellen von Transformatoren mit Ersatzflüssigkeiten, wie Silikonöl oder Paraffin fordern. Dort wo VDE 0108 „Errichten und Betreiben von Starkstromanlagen in baulichen Anlagen für Menschenansammlungen sowie von Sicherheitsbeleuchtung in Arbeitsstätten“ Öl-Transformatoren verbieten, können auch solche Ersatzflüssigkeiten nicht zugelassen werden. In diesen Fällen kann man nur mit Abtrennungen entsprechend der Eit Bau-VO zurecht kommen. Häufig wird es aber aus betrieblichen Gründen gar nicht möglich sein, die vorhandenen Transformatoren in besonders abgemauerten Transformatorboxen, wie sie für die Öl-Transformatoren schon immer gefordert wurden, (siehe Eit Bau-VO) unterzubringen. Auch wird eine nachträgliche Ummauerung kaum möglich sein, da die Wärmeabfuhr und auch die Zuluft über Lüftungsleitungen zu erfolgen hat, die entweder mit Brandschutzklappen versehen sind oder von sich aus feuerbeständig sind. Kommt man bei der Abwägung aller Vor- und Nachteile zu dem Ent-

schluß, die vorhandenen Askarel-Transformatoren vorläufig zu belassen, müssen Überlegungen angestellt werden, wie ein zusätzlicher guter Objektschutz das Risiko beim Brand verhindert oder zumindest so mindert, daß keine Gefahr durch thermische Zersetzung oder Auslaufen des Askarels entsteht.

Hier sind alle Beteiligten, wie Betreiber, Aufsichtsbehörden, aber auch die Versicherer aufgerufen, mögliche Lösungsvorschläge vorzulegen. Eine Möglichkeit könnte eine Sprühwasseranlage sein, die beim Brand, der von außen an den Transformator herangetragen wird, eine Kühlung vornimmt, so daß keine Ultragifte freigesetzt werden können.

Die wirkliche Alternative stellen die Trocken- und Gießharz-Transformatoren dar. Trocken-Transformatoren werden heute kaum noch gefertigt, da der Geräuschpegel relativ hoch ist. Außerdem erfordert ihre Staubanfälligkeit, daß sie in besonderen Räumen untergebracht werden müssen. Sie wurden in früheren Jahren in Versammlungsstätten, Banken usw. verwendet.

Seit Gießharz als Isoliermittel in die Elektrotechnik Einzug gehalten hat, wurden auch Transformatoren mit diesem Isoliermaterial hergestellt. Das dabei verwendete Gießharz besteht aus einer Mischung von Epoxidharz, Quarzmehl und Quarzsand. Außerdem wird Brom, Fluor und Chlor beigemischt. Der wohl größte Hersteller von Transformatoren in der Bundesrepublik, die Trafo-Union, stellt heute Gießharz-Transformatoren ohne die vorerwähnten Halogenzusätze her. Die für das Brandverhalten wichtigen Eigenschaften, wie Schwerentflammbarkeit und das Selbstverlöschen werden

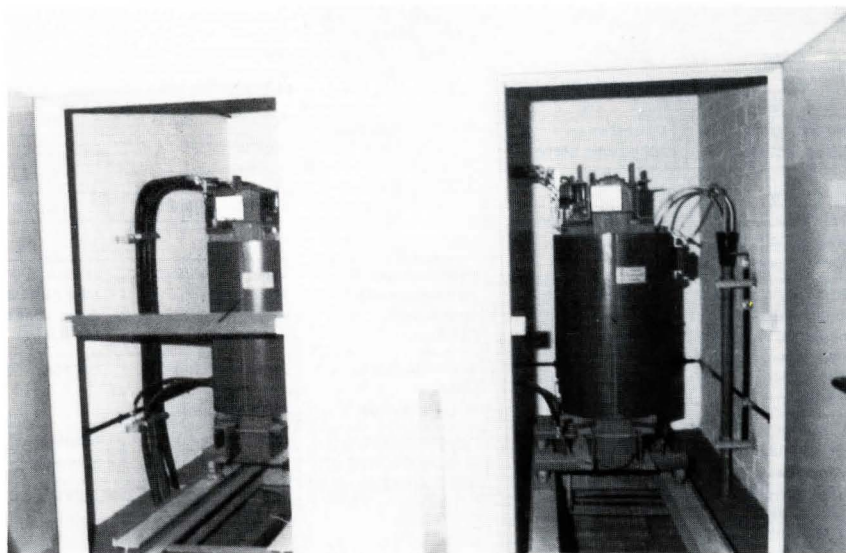


Bild 6. Gießharz-Transformatoren innerhalb eines Kaufhauses.

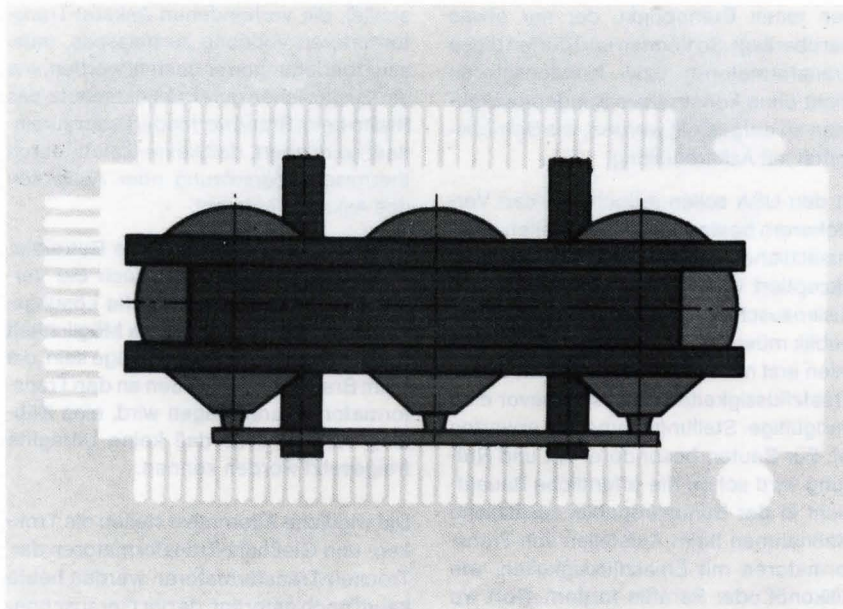


Bild 7. Größenvergleich zweier Transformatoren gleicher Leistung
helle Fläche = flüssigkeitsgefüllt
dunkle Fläche = gießharzisiert

durch einen Anteil des Füllstoffes von Quarzmehl (SiO_2) erzielt. Der Anteil beträgt etwa 66%. Für den Betreiber wie auch für den Versicherer ist dies von Vorteil, denn bei einem Lichtbogen, aber auch bei einem Brand, der von außen an den Trafo herangetragen wird, werden gegenüber den anderen Ausführungen nur geringe aggressive Spaltprodukte freigesetzt.

Ein wichtiger Faktor ist, daß die Gießharz-Transformatoren in vielen Fällen weniger Aufstellungsfläche als flüssigkeitsge-

kühlte Transformatoren benötigen und somit ohne Schwierigkeit dort eingesetzt werden können, wo früher Askarel-Transformatoren vorgeschrieben oder aufgestellt waren.

Die nachstehende Tabelle soll einmal einen Kostenvergleich zwischen Leistungs-Transformatoren verschiedener Ausführungen zeigen. Die Tabelle zeigt, daß die Gießharz-Transformatoren gegenüber den Askarel-Transformatoren etwa um 55% bis 60% teurer sind.

Kostenvergleich von Transformatoren gleicher Leistung

Transformator	Kosten %
Öl-Transformator	100
Askarel-Transformator	125-130
Silikonöl-Transformator	150-170
Gießharz-Transformator	180-200

Unter Abwägung aller ökonomischen Aspekte und unter dem Gesichtspunkt des Brand- und Umweltverhaltens kann der Austausch eines Askarel-Transformators nur gegen einen Gießharz- und Trocken-Transformator erfolgen, falls nicht umfangreiche bauliche Maßnahmen getroffen werden können (siehe ELT Bau-VO). Selbst bei einem von außen an den Transformator herangetragenen Brand sind die aggressiven Spaltprodukte nicht als so kritisch anzusehen, als daß man hier Einschränkungen machen müßte. Die in Mitleidenschaft gezogenen Energiekabel – fast ausschließlich PVC-isoliert – stellen eine höhere Gefahr für die Beaufschlagung durch aggressive Spaltprodukte dar.

Beim Austausch, aber auch beim Umfüllen eines Askarel-Transformators mit einer anderen Isolierflüssigkeit stellt sich das Problem der Entsorgung. Hier sollte man sich an den Hersteller des Transformators wenden, da die Firmen zwischenzeitlich Erfahrungen auf dem Gebiet der Entsorgung besitzen. Wie aus der nachfolgenden Aufstellung zu ersehen, ist eine weitere Möglichkeit das Belassen des jetzigen Zustandes.

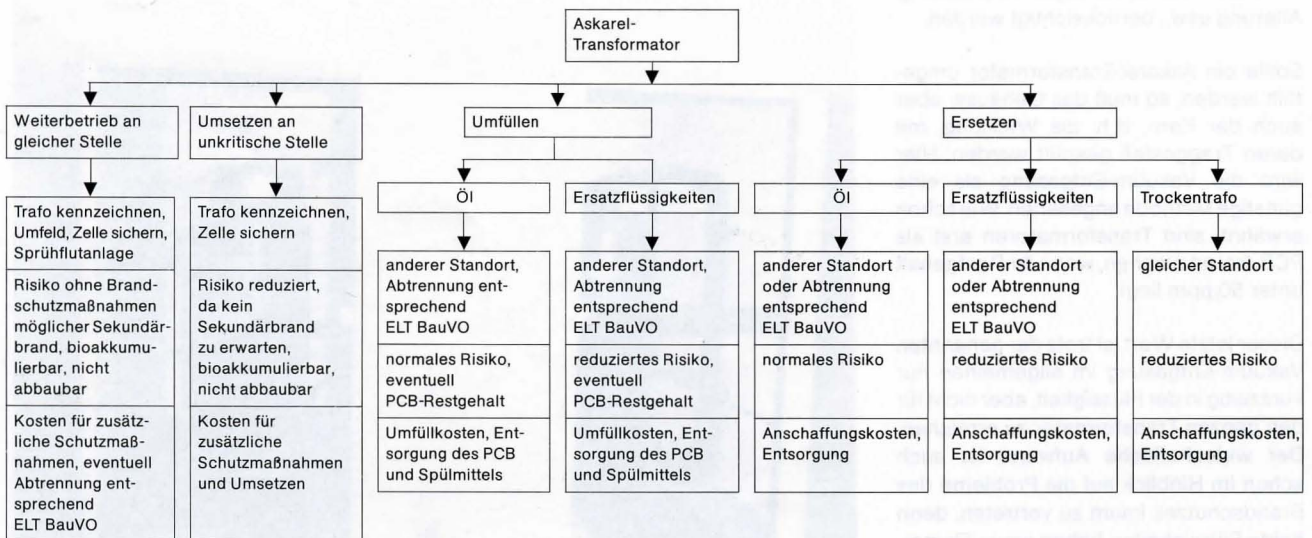


Tabelle 1: Möglichkeiten der Weiterverarbeitung von Askarel-Transformatoren und der Substitution.

Hierbei muß das Risiko genauestens abgeschätzt werden. Wenn auch Askarel-Transformatoren aufgrund der Flammwidrigkeit des Askarels keine primäre Brandquelle darstellen, so ist doch grundsätzlich nicht auszuschließen, daß Askarel-Transformatoren in einen Umgebungsbrand einbezogen werden, zumal sie oft in feuergefährdeten Bereichen gemäß den einschlägigen Vorschriften aufgestellt wurden. Hier wird man sich vielfach die Frage stellen müssen, ob der Transformator nicht umgehend ausgewechselt und in einen anderen Raum gebracht werden kann, in dem er absolut ungefährdet ist.

Ist ein Brand nicht absolut, jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit auszuschließen, so kann eine Objektschutzanlage z.B. eine Sprühflutanlage die Kühlung so lange vornehmen, bis anderweitige Maßnahmen getroffen werden können, die ein Auslaufen des Askarels aber auch die weitaus gefährlichere thermische Zersetzung verhindern können.

In jedem Fall ist eine vorherige Unter-richtung aller hilfeleistenden Stellen unbedingt erforderlich. Auch sollten die Transformatoren, soweit noch nicht erfolgt, weithin sichtbar gekennzeichnet werden. Da es sich bei den Transformatoren fast ausschließlich um größere Einheiten handelt und diese fabrikmäßig schon mit einer Temperaturüberwachung und einem sog. Buchholz-Schutz ausgerüstet sind, sollte man bei ansteigender und unzulässiger Temperatur eine sofortige Meldung auslösen, damit eine frühzeitige Erkennung eines evtl. heraufziehenden Gefahrenzustandes möglich ist. Nach den heutigen Erkenntnissen liegt die Hauptgefahr von Askarel bei der pyrogenen Zersetzung im Temperaturbereich zwischen 300 Grad C und 1000 Grad C. Unter diesem Gesichtspunkt ist auch die Anweisung, die z.B. von der Hamburger Feuerwehr Anfang 1982 in einer Informationsschrift herausgegeben wurde, daß die Brandbekämpfung im Innenangriff abzubrechen ist, wenn sich auslaufendes Askarel auf mehr als 170 Grad C erhitzt, generell nicht vertretbar. Durch dieses Verhalten können evtl. größere Schäden hervorgerufen werden. Wie aus Tabelle 2 zu ersehen ist, kommt es allenfalls und unter besonderen Umständen ab 300 Grad C zu einer Zersetzung. Oberhalb von 1000 Grad C ist jedoch mit einem Freisetzen von Ultragiften nicht zu rechnen.

Temperatur in °C			
bis 170	300-1000	1000-1200	2000-3000 und höher
nahezu absolut chemisch stabil	Zersetzung zu teilweise hochtoxischen Produkten	Zersetzung/ Verbrennung ohne Freisetzung hochtoxischer Produkte	spontane Zersetzung, überwiegend zu Kohlenstoff (C) und Chlorwasserstoffgas (HCl) (z. B. im Lichtbogen)

Tabelle 2: Thermische Stabilität von Askarelen

Ein Austausch aller eingesetzten Askarel-Transformatoren wäre aufgrund des Umweltschutzes wünschenswert. Aber die große Anzahl und die vorhandene beschränkte Entsorgungskapazität lassen einen vollständigen Ersatz zur Zeit nicht zu.

Die Entscheidung, ob ein Askarel-Transformator weiterbetrieben werden kann, sollte von den Bedingungen und Gefahren am Aufstellungsort abhängig gemacht werden. Hierbei sollten alle interessierten Stellen, auch die Versicherer, eingeschaltet werden. Ein besonders enger Kontakt ist zwischen Betreiber und Feuerwehr anzustreben. Nachdem in der Öffentlichkeit und in den Medien über die Gefahren, die von dem Askarel ausgehen, ausführlich berichtet wurde und diese deshalb allgemein bekannt sind, besteht die Verpflichtung für jeden Betreiber, vorbeugende Maßnahmen zu treffen. Ihm kann nur empfohlen werden, eine eingehende Analyse über Brandgefährdung zu erstellen, wobei grundsätzlich erwogen werden sollte, Askarel-Transformatoren aus feuergefährdeten Bereichen zu entfernen, wenn nicht absolut sichergestellt werden kann, das Askarel in keinen Umgebungsbrand geraten kann.

Auf ein weiteres Problem soll noch kurz hingewiesen werden. Zur Verringerung der dielektrischen Verluste und einer Verkleinerung des spezifischen Volumens wurde vielfach als flüssiges Imprägniermittel in der Vergangenheit für Niederspannungsleistungs-Kondensatoren Askarel verwandt. Man rechnet, daß im Bereich der Kondensatorenfertigung seit den 50er Jahren ca. 30.000 t PCB verwendet worden sind. Bei dem teilweise recht geringen Volumen der Kondensatoren müssen also mehrere Zehntausend von Kondensatoren in Betrieb sein. Teilweise wissen selbst die Betreiber der Anlage nicht, wo diese eingesetzt sind. Es sollte daher von den Betreibern der Anlage versucht werden, die Einsatzstellen zu erfassen. In den vergangenen Jahren (ca. 5-6 Jahre) wurden jedoch keine Kondensatoren mit HPCB mehr gefertigt. Hier ist man zu anderen Isoliermitteln übergegangen. Diese können flüssig aber auch fest sein.

Zusammenfassung

Askarel-Transformatoren wurden in der Vergangenheit aus brandschutztechnischen Gründen überall dort verwandt, wo eine besondere Transformatoren-Station mit einem Ausgang ins Freie nicht vorhanden war. Hauptsächlich Einsatzort war der industrielle Bereich. Hier sind etwa 90% der installierten Transformatoren-Leistung zu finden. Besondere Feuer-schutzmaßnahmen nach VDE 0101 und VDE 0108 waren nicht erforderlich. Beim Austausch von Askarel mit Ersatzflüssigkeiten bleibt der brandschutztechnische Vorteil nicht im vollen Umfang erhalten. Es müssen zusätzliche Maßnahmen, wie für Mineralöl-gefüllte Transformatoren gefordert, verlangt werden.

Eine wirkliche Alternative bietet der Gießharz-Transformator. Es sollte jedoch darauf geachtet werden, daß die Schwerentflammbarkeit nicht durch Halogene erreicht wird. Der höhere Preis für die Gießharz-Transformatoren wird dadurch eliminiert, daß keine weiteren baulichen Maßnahmen getroffen werden müssen. Eventuell kann man auch hier, wie bei den Askarel-Transformatoren, auf einen zusätzlichen Objektschutz verzichten.

Bei der Weiterverwendung sind Sicherheitsvorkehrungen für auslaufendes Askarel (Leckage), durch askarelfeste Wannen, die notfalls die gesamte Menge aufnehmen können, zu treffen. Wegen der pyrogenen Zersetzung sind brandschutztechnische Überlegungen durchzuführen, deren Ergebnis sein kann:

Absolut ungefährdet

Sicherungsmaßnahmen erforderlich

Transformator sofort entfernen

Der Verband der Sachversicherer e.V. (VdS) hat mit einem Rundschreiben (F2515) zur technischen wie auch zur versicherungsrechtlichen Problematik Stellung genommen.