

### Editorial

Der BTE wünscht allen Lesern Gesundheit und eine erfolgreiche befriedigende Arbeit im Neuen Jahr. Wir wissen von den vielen Veränderungen, die es in den Versicherungsgesellschaften bereits gegeben hat und noch geben wird und von denen eine Vielzahl von Regulierungsbeauftragten betroffen ist. Auch wir Sachverständige müssen uns in manchen Fällen neu orientieren. Aber das gemeinsame Ziel, Versicherungsschäden für beide Vertragsparteien effizient und kostengünstig abzuwickeln, wird auch im Neuen Jahr für unsere Auftraggeber und für uns an oberster Stelle stehen, was immer sich auch an organisatorischen Veränderungen herausstellen wird.

Eine Bitte zum Neuen Jahr hat der Chefredakteur persönlich. Ihm wird von Kollegen berichtet, dass die BTE-Nachrichten, die immerhin schon im 7. Jahr erscheinen, von den Lesern positiv aufgenommen werden. Die Redaktion würde sich über ein Feedback per Anruf oder eMail, das Zustimmung, Anregung und Kritik sein kann, sehr freuen. Wir machen die BTE-Nachrichten für Sie und wollen das so tun, dass Sie über Sie interessierende Interessengebiete so kompetent und umfangreich wie möglich unterrichtet werden.

### Personalia

Auf der Jahreshauptversammlung 2007 im September in Dresden, die uns alle eine faszinierende boomende Stadt mit ihrem legendären Wahrzeichen »Frauenkirche« erleben ließ, wurden wiederum junge öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige nach Ablegen der 2. BTE-Prüfung als Vollmitglieder aufgenommen. Sie gehören diesmal alle drei der Fachgruppe Betriebswirtschaft an und sind dort in etablierten Büros tätig. Wir möchten sie Ihrer Aufmerksamkeit empfehlen.

Büro Dipl.-Kfm. Uwe Adolph:  
50969 Köln  
Dipl.-Betriebswirt Lars Kohler  
Tel.: 02236/38 00 58  
eMail: lars.kohler@t-online.de

Büro Dipl.-Kfm. Dieter Götz  
Peter von Krempelhuber  
82152 Planegg  
Tel.: 089/8 59 44 04  
eMail: svbuerogoetz@aol.com

Büro Dr. Franz und Partner GmbH:  
M.A Dipl.-Betriebswirt Jens Otto  
51429 Bergisch Gladbach  
Tel.: 02204/5 47 11/12  
eMail: buero@dr-franz-gmbh.de

### Inhalt

- ❶ **Aus den Fachgruppen**
- ❷ **Aufsätze**
  - **Schadensfälle an flexiblen Schläuchen in der Sanitärinstallation**  
Dipl.-Ing. Walter Lang
  - **Experimentelle Traglastermittlung zum Nachweis der Standsicherheit nach (Schnee-) Lastschäden**  
Dipl.-Ing. (TU) Erik Thees (Gast)
  - **Behandlung der Abschreibungen in der FBU-Schadenberechnung unter Berücksichtigung des § 6 (3) FBUB**  
Fachgruppe Betriebswirtschaft  
Kontakt: Dipl.-Kfm. Karsten Schneider

#### IMPRESSUM

Herausgeber:  
Bund Technischer Experten e.V.  
Postfach 34 01 02, 45073 Essen  
eMail: geschaeftsstelle@expertepte.de  
Internet: www.expertepte.de

Redaktion:  
Dr. Dieter Rackwitz  
Kollenbacher Straße 36, 51515 Kürten  
Tel.: 02207/96 67 14  
Fax: 02207/96 67 50  
eMail: Dr.Rackwitz@expertepte.de

## ❶ Aus den Fachgruppen

### FG Bauwesen

Dipl.-Ing. Andree Sachmerda

#### ✘ Schäden an und Sanierung von Natursteinböden, Wandbelägen und Vorhangfassaden.

Schäden infolge von Brand- und Leitungswassereinwirkung. Sanierungsverfahren nach Rauchgasbeaufschlagung und Nässeeinwirkung. Erfolgsaussichten des Latex-Sprühverfahrens, der alkalischen Reinigung und mechanischer Verfahren. Sturm-Schäden an Naturstein-Vorhangfassaden, Sanierung und Abwendung.

Weitergehende Informationen:  
Dipl.-Ing. Bernd Frantzen  
02 41 / 9 78 66-0

### FG Maschinenwesen

SV-Büro J. Kupfrian

Sachverständigenbüro Küster  
Tel.: 023 51 / 796 35

#### ✘ Elektronisch gespeicherte Logprotokolle, ein Tagebuch von Ereignissen!

Die Verwertung von unterschiedlichen Protokollformaten aus Rechnersystemen, Steuerungen und Peripheriegeräten (z. B. USV) erwies sich als außerordentlich hilfreiches Instrument, Ausfall-/bzw. Schadensszenarien in Bezug auf ursächliche Zusammenhänge und Folgen zu klären.

### FG Naturwissenschaften und Sondergebiete

Dr. Jürgen Hupfeld

Tel.: 043 42 / 88 96 58

#### ✘ Spontanentzündungen bei Kontakten von Fetten mit flüssigem Sauerstoff

Immer wieder kommt es zu Schadensfällen durch die Spontanoxidation von Fetten und Ölen mit Sauerstoff. Dies geschieht in flüssigem Sauerstoff aber auch mit gasförmigem unter Druck; Letzteres z. B. in Sauerstoffdruckleitungen mit Ölverschmutzungen in Ventilen bei der Druckaufgabe nach einem Flaschenwechsel.

Eine weitere ungewöhnliche Gefahr besteht durch die Bildung von Ozoniden (äußerst instabile Verbindungen durch

Anlagerung von Ozon an Doppelbindungen in organischen Verbindungen) in Ozon produzierenden Anlagen

Die Ermittlung nach Schadensfällen in diesem Zusammenhang zeigen, dass sich die Anwender/Betreiber der Gefahren nicht bewusst sind, da sie von den Anlagenherstellern/Lieferanten nicht über die Gefahren aufgeklärt werden und die Merkblätter nicht kennen.

Dipl.-Ing. Joachim Scheuermann  
Tel.: 05 51 / 83 83 93

#### ✘ Brandschaden an einer Filteranlage für Schweißrauchabsaugung

Nachdem es in einer ca. 1 Jahr alten Anlage zum zweiten Mal gebrannt hatte, sollten intensivere Untersuchungen zur Schadenursache gemacht werden.

Es zeigte sich, dass trotz langer Wege von bis zu 100 Metern Schweißperlen in den Filter gelangten.

Eine wissenschaftliche Untersuchung besagt, dass größere erloschene Schweißperlen zu einer Sauerstoffanreicherung neigen und beim Auftreffen auf ein Hindernis (z. B. Prallblech in Filter) aufbrechen und erneut aufglühen können, mit Temperaturen bis ca. 1.500 °C.

Neben der ungünstigen waagerechten Filteranordnung war dies die Hauptursache für die Filterbrände.

## ❷ Aufsätze

Dipl.-Ing. Walter Lang

Tel.: 09 11 / 4 46 78 24

### Schadensfälle an flexiblen Schläuchen in der Sanitärinstallation

#### 1 Einführung und Grundlagen

Die Zahl von Wasserschäden, die durch flexible Schläuche ausgelöst werden, nimmt in den letzten Jahren deutlich zu.

Dies hängt sicher mit dem steigenden Einsatz von flexiblen Schläuchen zusammen. Gleichzeitig ist aber auch festzustellen, dass zunehmend Produkte in den Handel gelangen, die eine mangelhafte Qualität aufweisen.

Die Anforderungen an die Materialien, die zur Herstellung von flexiblen Schläuchen verwendet

werden können, sind in der AVB WasserV vom 20. Juni, im DVGW-Arbeitsblatt W 543 »Druckfeste flexible Schlauchleitungen, Anforderungen und Prüfungen« vom Mai 2005 sowie in der DIN EN 13618-1 (Entwurf) »Schlauchleitungen – Flexible Schlauchleitungen, Produktnorm für flexible Schlauchleitungen (mit und ohne Umflechtung)« von 2006/04 beschrieben.

Nach diesen Vorschriften und Regelwerken sind »Schläuche mit Elastomeren in der Trinkwasserinstallation nur zulässig, wenn sie baumustergeprüft sind und damit ein Eignungsnachweis sowohl für die Konstruktion als auch für das Elastomer vorliegt.« Sämtliche flexiblen Schlauchleitungen, die üblicherweise in Sanitärinstallationen von Gebäuden eingesetzt sind, sind nach diesen Richtlinien in Gruppe I einzuordnen. Dabei handelt es sich um Armaturen und Apparate für sichtbare oder zugängliche Installationen (Einsatzdauer für 20 Jahre).

Als Materialien für den Innenschlauch können Elastomere, Kunststoffe und Metalle eingesetzt werden. Wenn Umflechtungen vorhanden sind, sollen diese aus nichtrostendem Stahldraht bestehen.

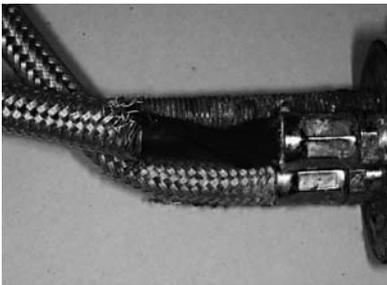
Im Entwurf der DIN 13618-1 wird auch Kunststoff für die Umflechtungen beschrieben.

#### 2 Schadensfälle

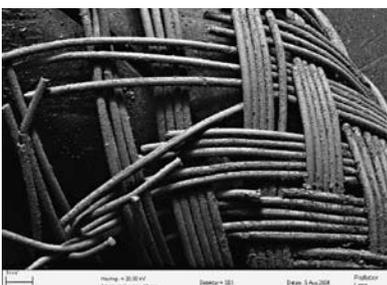
Brüche im Bereich der Anschlussverschraubungen werden überwiegend durch Spannungsrisskorrosion ausgelöst. Das für die Verbindungsteile verwendete Material besteht meist aus Messing und ist verchromt bzw. vernickelt. Messing kann bei überhöhten mechanischen Spannungen bereits bei Kontakt mit Trinkwasser durch Spannungsrisskorrosion versagen. Die überhöhten mechanischen Spannungen werden dabei durch mangelhaft bearbeitete Verbindungen oder überhöhte Montage Spannungen eingeleitet. Es wurden Schadensfälle mit schlecht bearbeiteten Gewinden beschrieben. Bei diesen Schadensfällen kommt es aufgrund von versetzendem Gewindebereich zu einer ungleichmäßigen Spannungsverteilung. Ebenso sind Schadensfälle bekannt, bei denen die Innenbohrung asym-

metrisch ausgeführt wurde, sodass im Bereich der Verschraubung ungleichmäßige Wandstärken vorhanden sind. An den schmalsten Stellen betragen die Wandstärken der Verbindungsteile häufig nur 1,5–1,0 mm. Es wurden auch Wandstärken von 0,4 mm gemessen.

Zahlreiche Schadensfälle entstanden durch Korrosionsangriff der Metallumflechtung. Die Metallumflechtung löste sich auf. Der dadurch nicht mehr abgestützte Elastomerinnenschlauch platzte anschließend. Ein großer Teil der untersuchten Schadensfälle ist darauf zurückzuführen, dass die Metallumflechtung entgegen den zitierten DVGW-Richtlinien aus Aluminium und nicht aus nichtrostendem Stahl besteht. Die Aluminiumdrähte wurden durch Korrosion in Zusammenhang mit Wasch- und Reinigungsmittelrückständen angegriffen. Unterhalb von Armaturen, die für Spülbecken oder Waschtische eingesetzt werden, muss immer mit einer gewissen Belastung durch diese Reinigungsmittel gerechnet werden. Aus diesem Grund ist der Einsatz von mit Aluminium umflochtenen flexiblen Schläuchen in diesem Bereich unzulässig.



Auch Schläuche mit Umflechtungen aus Edelstahl können bei der Einwirkung von ungeeigneten Reinigungsmitteln und der dauerhaften Feuchtigkeitseinwirkung durch Korrosion angegriffen werden.



Im gezeigten Beispiel wurde der Korrosionsangriff durch ein Handwaschmittel ausgelöst, das aufgrund unsachgemäßer Anwendung unterhalb eines Waschbeckens auf die flexiblen Schläuche gelangen konnte. Dieses Handwaschmittel enthält aus Gründen der besseren physiologischen Verträglichkeit Kochsalz (Natriumchlorid) in einer Konzentration von ca. 15 % in der Trockenmasse.

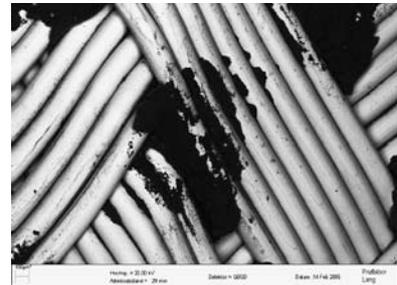
Bei der Einwirkung von konzentrierten Chloriden ist auch der übliche V2A-Edelstahl nicht ausreichend korrosionsbeständig. Es konnte nachgewiesen werden, dass sowohl Korrosion als auch Spannungsrisskorrosion zum Versagen der Edelstahlflechtungen führte.

Bei einem weiteren Schadensfall wurde die Umflechtung mit Kunststoffmaterial durch das Scheuern dieser Umflechtung an scharfkantigen Metallkomponenten zerstört. Bei Schläuchen, die zum Anschluss von Armaturen verwendet werden, muss darauf geachtet werden, dass kein Kontakt mit Metallteilen auftritt, da eine Eigenbewegung der Schläuche durch Temperaturschwankungen, Druckschwankungen und die Betätigung der Armatur immer möglich ist.

Schäden, die durch die Zerstörung des Elastomerschlauchs ausgelöst wurden, können nach dem derzeitigen Stand der Untersuchungen auf drei Ursachen zurückgeführt werden:

1. Durch bakteriellen Angriff wird das Material der Schläuche aufgelöst. Dadurch bilden sich weiche schleimige Beläge auf der Elastomerinnenseite. Das Material wird abgetragen und ausgedünnt.
2. In Gebäuden, in denen aufgrund der dort vorhandenen Elektroinstallation Ströme über die Erdleitungen abfließen, kann es zu einer besonderen Belastung der Elastomermaterialien kommen. In einer Untersuchung der Universität Rostock wurde festgestellt, dass bei einem Strom von 2–3 A aufgrund der erhöhten Übergangswiderstände im Bereich der Verschraubung an der Presshülse Temperaturen von bis zu 220°C auftreten können. Durch diese hohen Temperaturbelastungen

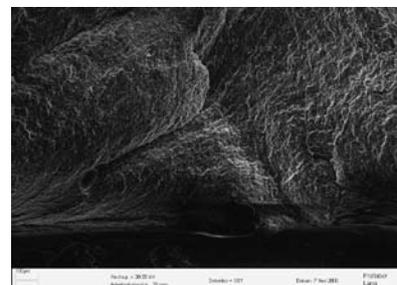
kriecht das Elastomermaterial aus der Verbindungsstelle heraus, wie das folgende Foto zeigt:



3. Durch Korrosion der metallischen Bauteile an der Verbindung kann es zur Freisetzung von Kupferionen kommen. Solche Angriffe treten verstärkt am unteren Ende des Nippels auf, auf den die Elastomerschläuche aufgesteckt sind. Durch die Freisetzung von Kupfer, das bei EPDM-Materialien als »Gummigift« wirkt, kommt es zur Versprödung dieses Materials und damit zur Rissbildung.

Oft lässt sich eine Abgrenzung zwischen den drei beschriebenen Mechanismen der Beschädigung der Elastomerschläuche nicht genau treffen. Es liegt eine Kombination dieser Angriffsarten vor.

Falls flexible Schläuche ständig einer dynamischen Belastung durch Schwingbeanspruchung ausgesetzt sind, kann es auch zu Schwingbrüchen im Bereich des Elastomermaterials kommen. Ein solches Versagen wird nachfolgend gezeigt.



Bei dem untersuchten Schadensfall war der flexible Schlauch an eine Maschine angeschraubt und dabei verspannt worden. Dadurch konnten sich die Schwingungen der Maschine im Bereich des Anschlussnippels unmittelbar auf den Elastomerschlauch übertragen.

Fachgruppe Betriebsunterbrechung  
Kontakt: Dipl. Kfm. Ralf Schneider  
Tel.: 02 11/9 43 44 37

### **Behandlung der Abschreibungen in der FBU-Schadenberechnung unter Berücksichtigung des § 6 (3) FBUB**

#### **1 Grundlage der Überlegungen ist die Formulierung des § 6 (3) FBUB:**

»Abschreibungen auf Gebäude, Maschinen und Einrichtungen sind nur insoweit zu entschädigen, als sie auf vom Sachschaden nicht betroffene Teile des versicherten Betriebes entfallen.«

#### **2 Zum Begriff der Abschreibungen in der FBU-Schadenberechnung**

Übereinstimmend betrachten die Mitglieder der Fachgruppe Betriebswirtschaft im BTE Abschreibungen als echten Werteverzehr von Anlagegütern, der beispielsweise durch folgende Faktoren verursacht wird:

- a) Technischer Verschleiß durch betriebliche Nutzung
- b) Ruhender Verschleiß (z. B. Verwitterung des Gebäudes)
- c) Technische Weiterentwicklung, die oft die effektive Lebensdauer gem. Punkt a) verringert.

Bei den Faktoren a) und b), in abgeschwächtem Maße auch c), handelt es sich um Gesichtspunkte, die den Werteverzehr der Anlagen im normalen Betriebsablauf bestimmen.

Faktoren wie

- d) wirtschaftliche Überholung durch Änderung der Nachfragestruktur oder durch Systemwechsel, Produktionsumstellungen usw. führen in die Nähe des Begriffs »Sonder-AfA«. Der dadurch bedingte Werteverzehr kann einmaliger und nicht fortlaufender Art sein.

Übereinstimmend sehen die Mitglieder der Gruppe Betriebswirtschaft im BTE weder die handelsrechtlichen noch die steuerlichen Abschreibungen als Maßstab des Werteverzehrs an, weil diese oft durch andere Gesichtspunkte bestimmt werden.

Die Abschreibungen sind – dem technischen, teilweise auch dem

wirtschaftlichen Werteverzehr entsprechend – kalkulatorisch zu bestimmen. Bewertungsbasis ist deshalb der Anschaffungspreis (Wiederbeschaffungspreis) zur Zeit des Eintritts der BU.

Bemisst man den Werteverzehr kalkulatorisch nach der mutmaßlichen effektiven Nutzungsdauer, so enthält der Begriff sowohl die technische als auch die wirtschaftliche Komponente.

Dass sich, nachdem vom System der steuerlichen AfA abgewichen wird, der Gewinn entsprechend verändert, versteht sich von selbst. Dies hat für die Schadenberechnung dann Konsequenzen, wenn Produktions- und Umsatzausfall auseinanderfallen bzw. die vollen Abschreibungen nicht erwirtschaftet werden.

#### **3 Zum Ansatz der verbuchten AfA**

Der Gruppe BW ist bewusst, dass diese Auffassung nicht allgemein geteilt wird. Insbesondere heben Wirtschaftsprüfer und Steuerberater vorzugsweise auf die in den GuV-Rechnungen verbuchten Abschreibungen ab.

Erwähnenswert ist hier ein Exposé der Schitag – Schwäbische Treuhand AG, das beispielhaft für die häufig unzutreffenden Argumentationen stehen kann.

Die Schitag zitiert »Ludolphy-Henke«: Die Summenermittlung für die FBUB-Versicherung«. Dort wird die Ertragsausfallberechnung auf die Werte der GuV-Rechnung abgestellt. Danach sollen, so wird gefordert, Abweichungen der kalkulatorischen Kosten (Abschreibungen) von den Aufwendungen in den GuV-Rechnungen außer Betracht bleiben.

Daraus ergäbe sich, dass die »versicherten Abschreibungen« nur die in der GuV-Rechnung verbuchten Abschreibungen sein können, die entweder als fortlaufend entschädigt oder als eingespart abgesetzt werden. Danach könnten von einem auf einen EURO abgeschriebenen Wirtschaftsgut ersparte Abschreibungen nicht berechnet werden.

Hier werden Ludolphy-Henke offensichtlich missverstanden, weil sie in der GuV-Rechnung lediglich ein Hilfsmittel für die Berechnung des versicherten Anteils sehen, d.h.

für die Summenermittlung, in der letztlich die Verteilung von Abschreibungen und Gewinn keine Rolle spielt. Sicherlich wollten sie aber keine Aussage über die Behandlung der ersparten Abschreibungen machen.

Die Gruppe BW ist nach wie vor der Meinung, dass die verbuchten AfA nicht Maßstab sein müssen, weil sie nicht dem echten Werteverzehr entsprechen, sondern meist durch andere Faktoren bestimmt werden, die gleichzeitig auch das Betriebsergebnis verändern (sollen!).

#### **4 Werteverzehr der »betroffenen Teile«**

Der Wortlaut des § 6 (3) FBUB beschränkt die Ersparnis von Abschreibungen auf die vom Sachschaden betroffenen Teile des versicherten Betriebes.

Der Verband der Sachversicherer hat durch die zentrale Bedingungskommission mit Rundschreiben vom 26.04.1986 folgende Interpretation bekannt gegeben:

»Abschreibungen auf Gebäude, Maschinen und Einrichtungen sind nur insoweit zu entschädigen, als sie auf vom Sachschaden nicht betroffene Teile der Gebäude, Maschinen und Einrichtungen entfallen.«

Die Gruppe BW vertritt dazu – der bisherigen Handhabung entsprechend – folgende Auffassung:

- a) Der Werteverzehr einer vernichteten Anlage ist als erspart anzusehen.
- b) Der Werteverzehr von Anlagen, die zwar »betroffen« sind, an denen aber nur Reinigungs- und Passivierungsarbeiten vorgenommen werden, gilt nicht als erspart.
- c) Bei Reparaturen an teilgeschädigten Anlagen ergibt sich die Frage, ob als Bemessungsgrundlage nur der vom Sachschaden betroffene Teil oder das gesamte Wirtschaftsgut angesehen werden muss. Das Auswechseln von zerstörten Teilen mit hoher Betriebsverschleißquote begründet zweifellos eine Ersparnis an Werteverzehr, während sie beim unbeschädigten Teil des Wirtschaftsgutes nach dem Wortlaut des § 6 (3) FBUB zumindest fraglich erscheint. So

kann z.B. ein im Sachschaden zu ersetzendes Maschinenteil nur einen wertmäßig geringen Anteil an der Gesamtanlage haben und die Lebensdauer der Anlage selbst durch die Erneuerung dieses Teils eventuell überhaupt nicht beeinflusst sein.

Die Gruppe BW ist übereinstimmend der Meinung, dass in diesem Fall die Bemessung der Abschreibung allein auf das ausgewechselte Anlagenteil beschränkt bleiben muss.

### 5 Ersparte Abschreibungen bei »nicht betroffenen Teilen«

Betriebswirtschaftlich gesehen können auch verbrauchsbedingte Abschreibungen an nicht betroffenen, aber BU – bedingt ruhenden Anlagen eingespart werden.

Bei wörtlicher Auslegung des § 6 (3) sind diese Abschreibungen aber als »fortlaufend« entschädigungsfähig. Hier kommt es auf die rechtliche Frage an, ob § 6 (3) eine Klarstellung, d.h. eine Erläuterung des § 6 (1) (= Leitmotiv) ohne einschränkende oder erweiternde Bedeutung darstellt, oder aber als »abschließende Regelung« (= lex specialis) angesehen werden muss.

Zu ersterem neigt Zimmermann (Versicherungswirtschaft 18 u. 19/73), weil auch dem Bereicherungsverbot Rechnung zu tragen ist. D. h.: Auch verbrauchsbedingte Abschreibungen von nicht betroffenen Teilen sind u. U. als erspart abzusetzen, wenn nicht andere Gründe wie wirtschaftliche Überholung etc. dagegen sprechen.

Die Mitglieder der Gruppe BW stimmen dieser Auffassung aus betriebswirtschaftlicher Sicht zu, haben aber aus rechtlichen Gründen Bedenken, sie in der Praxis anzuwenden, zumal auch die Versicherer in gängiger Praxis die wörtliche Auslegung des § 6 (3) zugunsten der Versicherungsnehmer ausdrücklich akzeptieren.

### 6 Abschließend

Die Mitglieder der Fachgruppe Betriebswirtschaft im BTE kommen hinsichtlich der Auslegung des § 6 (3) FBUB zu folgender Auffassung:

- a) Die Ersparnis an Abschreibungen wird als echter Wert-

verzehr nach dem Wiederbeschaffungspreis des betroffenen Wirtschaftsgutes oder eines Teils davon und nach Maßgabe der mutmaßlichen Nutzungsdauer berechnet.

- b) Ohne die Bestimmung des § 6 (3) wäre es aus betriebswirtschaftlicher Sicht notwendig, z. T. auch im Hinblick auf das Bereicherungsverbot, im Schadenfall zu untersuchen, ob und in welcher Höhe Wertverzehr an vom Schaden betroffenen und an vom Schaden nicht betroffenen Anlagen oder Anlagenteilen als fortlaufend anzusehen ist.
- c) Ob der § 6 (3) die Frage der Abschreibungen abschließend regelt, ist eine rechtliche Frage, die wir nicht beurteilen. Sie ist jedoch u. E. nach der durchgängigen Handhabung, die einvernehmlich mit den Versicherern zugunsten der Versicherungsnehmer praktiziert wird, zu bejahen.
- d) Sollte eine Änderung des bisher Praktizierten angestrebt werden, so wäre eine Bedingungsänderung erforderlich.

Bei Sonderfällen sind Einzelbetrachtungen notwendig. Hierzu wird die Fachgruppe in einer separaten Ausarbeitung Stellung nehmen.

Dipl.-Ing. (TU) Erik Thees (Gast)  
Tel.: 06 51 / 94 89-0  
(ISSTAS & Thees Ingenieure)

### Experimentelle Traglastermittlung zum Nachweis der Standsicherheit nach Schnee- und anderen Lastschäden

#### 1 Einleitung

Die als »Schneekatastrophe« bezeichneten erheblichen Schneemengen des Winters 2006 führten an Gebäuden zu unterschiedlichem Tragwerksverhalten.

Neben den tragischen Totalverlusten von Konstruktionen und den damit verbundenen Schicksalsschlägen wurde das für den Statiker bekannte und konstruktionsimmanente Tragverhalten von Konstruktionen auch für Laien sichtbar. So manchem Immobilienbesitzer wurde knirschend

die »unsichtbare Tragkonstruktion« sicht- und hörbar bewusst gemacht.

Besonders bei vorgeschädigten Konstruktionen oder anderen »Interessen« wurde schnell der Totalschadenruf der Versicherungsnehmer laut. (Tage oder Wochen später eingeschaltete) Statiker, Sachverständige und Versicherer stehen hierbei dann vor einem Bewertungsproblem, da weder das wahre Tragverhalten der Tragkonstruktion, noch die Schneelast, die Einwirkdauer der Schneelast oder die aufgetretenen Verzerrungen der Tragwerke bekannt sind. Besonders problematisch ist dies bei Holz- und Brettschichtholzkonstruktionen. Neben dem bekannten Ultraschallverfahren zur Rissprüfung im Brettschichtholzbau wird im Folgenden eine ingenieurmäßige Prüfmethode vorgestellt, die gekonnt durchgeführt werden muss, aber, wenn auch nicht als Ziel der Ingenieuruntersuchung und quasi als Nebenwirkung, dem Laien sehr anschaulich zeigt, »was seine Konstruktion auszuhalten vermag« und ob diese geschädigt ist: die experimentelle Traglastermittlung.

Eine stufenweise Probelastung mit Aufzeichnung vieler für den Ingenieur und die Beurteilung des Tragwerksverhaltens wichtiger Daten und dem oft verblüffenden Ergebnis: »dass mein Dach so viel auszuhalten vermag, hätte ich nicht gedacht ...«

#### 2 Einführung

In der Ingenieurgesellschaft des Autors sind Probelastungen zur Feststellung des wahren Tragverhaltens und der Belastungsreserven von Bauwerken fester Bestandteil. Vom Spannbetonbrückenbauteil über Stadiontribünendecken und normalen Geschossdecken im Sanierungs- und Denkmalpflegefall werden diese genutzt, unbekannte Tragsysteme zu ergründen und daraus sichere Traglastangaben abzuleiten. Diese Erfahrung galt es auf den (Versicherungs-) Schadenfall zu übertragen.

Sehr transparent und kostengünstig kann diese schrittweise Probelastung durch definiertes

Befüllen von auf der zu beprobenden Fläche aufgestellten Wasserfässern erfolgen. Der Füllstand der Fässer zeigt dann jedem Beobachter das Belastungsniveau an.

Vor einer Durchführung einer solchen Belastungsprobe erfolgen die visuelle Kontrolle der Konstruktion sowie die Kontrolle der Statik mit bekannten und angenommenen Tragwerksparemtern. Ergeben sich hieraus Bedenken, ist die experimentelle Traglastermittlung ein probates Mittel zur Tragwerksergründung.

### 3 Vorgehensweise und Theorie

Der Statiker führt Standsicherheitsnachweise rechnerisch durch, wofür er mechanische Modelle verwendet, die die Realität vereinfacht darstellen. Durch diese Vereinfachungen entstehen Modellungenauigkeiten. Das heißt, dass Unterschiede zwischen dem tatsächlichen Tragverhalten der Konstruktion und ihrer Abbildung in der Theorie entstehen. Aufgabe und Kunst des erfahrenen Bauingenieurs ist es hierbei, diese Vereinfachungen derart zu treffen, dass die Tragsicherheitsbetrachtung auf der sicheren Seite liegt und dennoch wirtschaftliche Ergebnisse liefert.

Bei der Beurteilung einer bestehenden Konstruktion kann mit solchen normalen und vereinfachten Berechnungsansätzen nicht entscheidend beurteilt werden. Hierbei bietet sich eine experimentelle Tragfähigkeitsprüfung am bestehenden Bauwerk an.

#### 3.1 Allgemeines

In DIN EN 408 sind Prüfverfahren für die Eigenschaften von Bauholz und Brettschichtholz im Labor beschrieben. Die auf der Biege-Elastizitätstheorie fußende Ermittlung der Traglastparameter kann anhand der Ergebnisse erfolgen.

Für den Zweck der reinen Systemprüfung ist dies nicht notwendig, da nur die Tragsicherheit zu ermitteln war und die Systemreserven nicht quantifiziert werden müssen.

#### 3.2 Prognose der zu erwartenden Messergebnisse

Vor Beginn der Probelastung müssen die zu erwartenden Ergeb-

nisse, vor allem die zu erwartende Durchbiegung und die Traglast rechnerisch abgeschätzt werden. Die Schwierigkeit liegt hierbei in der Abbildung des wahren Tragsystems und der Abschätzung der Biegesteifigkeiten als Produkt des Flächenmomentes 2. Grades (Trägheitsmoment) und des Elastizitätsmoduls. Sowohl das statische Tragsystem, als auch die entscheidenden Berechnungsgrößen  $E$  und  $J$  können nur abgeschätzt werden.

Im Stahlbau sind diese Annahmen noch relativ leicht zu treffen, im Holzbau gelingt dies ebenso. Im Stahlverbundbau oder im Stahlverbundbau sind Modelle mit nichtlinearen Verhältnissen sowie nach Modellen der Fließgelenktheorie zu untersuchen.

Die Traglast abzuschätzen ist ebenfalls eine nichttriviale Aufgabe. Bei Probelastungen möchte man diese allerdings nur »kennen«. Sie wird bei dem Belastungs- und Versuchsdesign kaum erreicht, da man bei der Probelastung keine Schäden am Bauwerk erzeugen will, die bei Annähern an die Traglast entstehen würden.

Im Laborversuch kann die Traglast mit dem Fließgelenkverfahren abgeschätzt werden. Hierbei geht man von der Hypothese aus, dass in den höchstbeanspruchten Querschnitten des Tragwerks bei Steigerung der Beanspruchung Fließgelenke entstehen, die bei Aufrechterhaltung ihrer plastischen Momententragfähigkeit soweit unbegrenzt zu rotieren vermögen, bis sich im Zuge der fortschreitenden Schnittgrößenumlagerung eine ausreichende Zahl von plastischen Gelenken zur Bildung einer kinematischen Kette einstellt. Die Fließgelenktheorie stellt eine Vereinfachung des Traglastverfahrens dar, da sie alle plastischen Verformungen in den Fließgelenken konzentriert. Im Normalfall treten allerdings Rissbildungen am Bauteil bereits vor Erreichen eines ersten Fließgelenks oder einer Fließzone auf, insbesondere im Beton- oder Verbundbau. Bei Mehrfeldsystemen beginnt in aller Regel der Träger über der Innenstütze zu fließen und bildet dort eine plastische Zone aus, bis sich das erste

plastische Gelenk gebildet hat, in dem die plastischen Verformungen gedanklich konzentriert werden können. Da die Feldbereiche noch nicht voll ausgenutzt sind, lagern sich die Momente bei weiterer Laststeigerung wegen der geänderten Steifigkeitsverhältnisse in die Feldbereiche um, bis auch dort Fließgelenke entstanden sind. Das Durchlaufsystem wird dabei immer weicher. Sobald sich auch im Feld Fließgelenke gebildet haben, ist das System kinematisch geworden. Im Modellversuch ist dies ein sehr gut erkennbarer Bereich; die zur Last gehörende Verformung steigt sprunghaft an. Bei der Probelastung sollte dieser Bereich nicht erreicht werden.

#### 3.3 Versuchsaufbau und Versuchsdesign

Aus den Eingangsberechnungen kennt man die vorausgesagte Verformung des Systems sowie die zu erwartende Traglast. Wichtig: die Traglast des Systems ist nicht die vom Tragwerksplaner bei der Aufstellung der statischen Berechnung zugedachte Last. Sie liegt aufgrund der system- und materialimmanenten Sicherheiten wesentlich höher!

Aus diesen Berechnungswerten ( $E$ ,  $J$ , Verformung, Traglast) und dem Tragsystem sind zur Aufstellung des Belastungsdesigns das Lastniveau und die Belastungsgeschwindigkeit zu ermitteln. Das Lastniveau kann hierbei je nach Untersuchungszweck von 75% bis 135% der Last im Designfall liegen. Möchte man nur feststellen, ob Schäden in der Konstruktion verborgen sind (wie nicht feststellbare Risse im Holztragwerk), so genügt eine Belastung bis 75%. Zu höheren Lastniveaus greife man zur Verifizierung der Lastannahmen aus der statischen Berechnung.

Im Normalfall werden unter den zu prüfenden Bauteilen die Durchbiegungen mittels Wegaufnehmern in den Achtpunkten der Decke gemessen und elektronisch mitgeschrieben. Häufig genügt allerdings auch die Aufnahme an vertikal anzubringenden Messstellen und dem Ablesen mittels Nivelliergerät. Die Dehnung an der Bauteilober-

kante kann mit Wegaufnehmern aufgenommen werden, die über der Deckenoberkante befestigt werden. Außer diesen Messstellen können zusätzlich Dehnungsmessstreifen zur Erfassung der Dehnungen angebracht werden.

### 3.4 Durchführung der Probebelastung in der Praxis

Bei großen und flächigen Bauteilen eignen sich transparente Wasserfässer besonders für die Lastsimulation. In einem vom Autor untersuchten Fall wurden vom Versicherungsnehmer insgesamt 40 Wasserfässer besorgt, die man auf die Dachkonstruktion gestellt hat.

Wie oben dargestellt, sind das Belastungsdesign sowie das Lastniveau für das Experiment anzugeben, wobei die Tragfähigkeitsgrenze in dem Versuch nicht erreicht werden soll. Bei experimentellen Tragfähigkeitsprüfungen an bestehenden Bauwerken soll die Tragfähigkeitsgrenze nicht erreicht werden, da nicht beabsichtigt ist, während des Experimentes das Tragwerk zu beschädigen.

Die Belastungssimulation und Belastungssteigerung erfolgte durch das stufenweise Befüllen der Fässer mit Wasser. Der Befüllungsgrad der Fässer wurde durch Kontrolle der Wasserstandshöhe festgestellt. Zusätzlich erfolgte die Kontrolle des Wasserverbrauchs über einen in dem Befüllschlauch eingesetzten Wassermengenzähler. Die hiermit erreichte Genauigkeit genügt vollends.

Stufenweise werden den einzelnen Fässern vordefinierte Wassermengen zugegeben und die auftretenden Verformungen mehrfach nach gewissen Zeitabständen gemessen und dokumentiert.

Sind die vorangegangenen Berechnungen systemkonform, so liegt das Risiko relativ gering. An den auftretenden Verformungen erkennt man früh genug etwaige Probleme oder Schäden.

### 3.5 Auswertung der Messergebnisse

#### Kraft-Weg-Diagramme

Während die Dachkonstruktion durch planmäßiges Befüllen der Fässer mittels Wasser in einzelnen, vorher festzulegenden

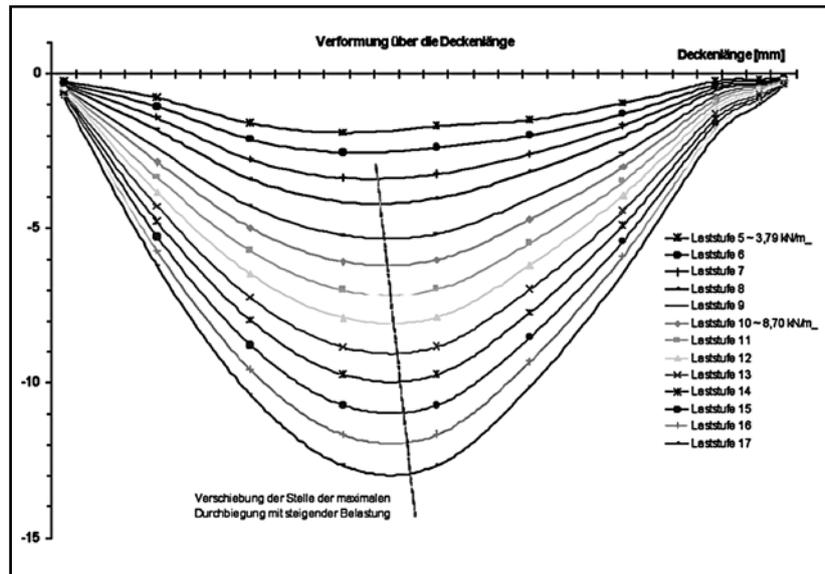


Abb. 1: Verschiebung des Ortes der maximalen Durchbiegung mit zunehmendem Lastniveau

Laststufen belastet wurde, wird z.B. mittels Nivelliergerät die lotrechte Verformung der Konstruktion festgestellt und dokumentiert. Mittels der so gemessenen resultierten Verformungen und aus Kenntnis der aufgetragenen Belastung erfolgte so das Aufzeichnen von Kraft-Weg-Diagrammen zu jedem einzelnen geprüften Bauteil. Aus diesen lässt sich das Tragverhalten der Konstruktion abschätzen. Neben dem reinen Lastergebnis ergeben sich auch bei statisch unbestimmten Systemen Rückschlüsse auf Gelenksetzungen und Durchlaufwirkungen, sofern man die Kraft-Weg-Diagramme mehrerer Laststufen miteinander vergleicht, was in Abbildung 1 beispielhaft dargestellt ist.

#### Verzerrungen, Lage der elastischen Nulllinie

Über die reinen Verformungsermittlungen hinaus kann die Biegeverzerrung des Querschnitts festgestellt werden. Hierfür bietet es sich an, über Dehnungsmessstreifen oder/und Wegaufnehmer jeweils an den oberen und unteren Rändern des Tragsystems die Randverformungen zu messen. Über geometrische und mechanisch-mathematische Beziehung lässt sich hieraus die Lage der elastischen Nulllinie je Laststufe ermitteln; ein wichtiges Hilfsmittel bei der Bewertung des Querschnitts.

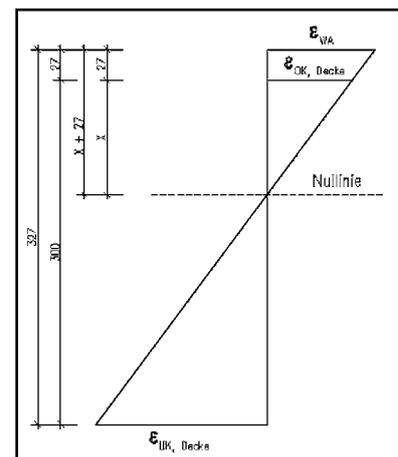


Abb. 2: Dehnungsbeziehung am Querschnitt

#### Ermittlung der Biegesteifigkeit

Aus der Lage der elastischen Nulllinie (im Betonbau: der Höhe der Betondruckzone) wird die Biegesteifigkeit berechnet. Sie ändert sich häufig mit zunehmendem Lastniveau, wie in folgender Abbildung gezeigt.

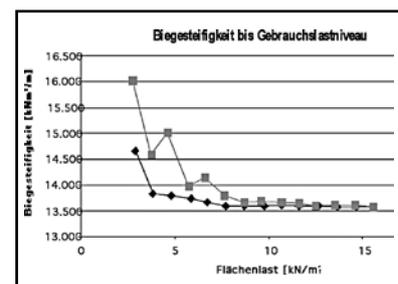


Abb. 3: Änderung der Biegesteifigkeiten mit dem Lastniveau

#### 4 Fazit

Auftraggeber des im Vortrag zu diesem Artikel vorgestellten Schadenfalls war ein Sachversicherer, der mit der Angst eines Kunden und dem »Totalschadenattest« eines Statikers über die Schneelastschäden eines Daches einer großen Werkhalle in Anspruch genommen werden sollte. Der Autor sollte die Dachkonstruktion gutachterlich untersuchen, wobei allerdings eine visuelle Detailuntersuchung und damit auch eine Ultraschalluntersuchung aufgrund zum Teil fehlender Zugänglichkeit nicht möglich waren. Erste Berechnungen und Untersuchungen ließen Schäden unwahrscheinlich erscheinen, so dass zum sicheren Nachweis zur Probelastung gegriffen wurde. Die Angst des Versicherungsnehmers, die sicher auch den Wunsch nach einer neuen Dachkonstruktion beinhaltete, konnte leicht genommen werden, da für jeden Beobachter die Last durch das in den transparenten Wasserfässern aufsteigende Wasser erkannt werden konnte.

Die Kosten der Probelastung und der Untersuchung kann man erheblich durch den Einsatz von lokalen freiwilligen Feuerwehren und Ausleihen von Wasserfässern minimieren; sie sind dann häufig niedriger als von komplexen Berechnungen, aber wesentlich anschaulicher.

#### 5 Ergänzung: Änderung der Schneelastnorm ab 1/2007

Die neue DIN 1055 »Einwirkungen auf Tragwerke« ist seit Anfang 2007 bundesweit bauaufsichtlich eingeführt und weist mit der neuen Windlast- und erweiterten Schnee- und Eislastnorm gravierende Änderungen gegenüber der alten Ausgabe auf. Deshalb sollte man sich mit ihr vertraut machen, da diese im Schadenfall zu nicht unerheblichen Mehrkosten infolge behördlicher Auflagen führen kann.

##### Neue Begriffe

Schnee- und Eislasten werden in der DIN 1055-5:2005-07 geregelt. Die dort angegebenen Werte sind charakteristische Werte und als veränderliche Einwirkungen zu betrachten. Änderungen gegen-

über der alten »Schneelastnorm« ergeben sich schon in der Nomenklatur und der fälligen Anpassung an das neue Sicherheitskonzept. Neue Begriffe sind:

- Schneelast auf dem Boden  $s_k$  (früher: Regelschneelast  $s_0$ )
- Schneelast auf dem Dach  $s_i$  (früher: Rechenwert der Schneelast  $s$ )
- Formbeiwert der Schneelast  $\mu$  in Abhängigkeit von Dachform und Dachneigung (früher: Abminderungsbeiwert  $k_s$ )

##### Fünf statt vier Schneelastzonen

Gegenüber den vier Schneelastzonen, in die Deutschland nach der Schneeeintensität unterteilt wurden, existieren nun fünf Schneelastzonen, mit zum Teil nicht unerheblichen Änderungen!

##### Niedrigerer Sockelbetrag!

Als Mindestwert der Schneelast (Sockelbetrag) nennt die Schneelastnorm  $s_k = 0,65 \text{ kN/m}^2$  (Zone 1), wogegen früher  $s_0 = 0,75 \text{ kN/m}^2$  gesetzt wurde (75kg Schnee je Quadratmeter Dachfläche). Prinzipiell ist also der Sockelbetrag für die Schneelast gesenkt worden; nicht, wie landläufig dargestellt, überall in Deutschland erhöht.

Der charakteristische Wert der Schneelast entspricht der 98%-Fraktile der Jahresmaxima, d.h. die jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit beträgt 0,02. Die mittlere Wiederkehrperiode beträgt 50 Jahre (früher: 95%-Fraktile, mittlere Wiederkehrperiode  $1/0,05 = 20$  Jahre).

##### Ergänzungen für Dachformen

Die Norm enthält nun neben Schneelastverteilungen für Pult- und Satteldächer auch detaillierte Angaben für Sheddächer und Tonnendächer. Auch wurden Schneelastverteilungen auf Dächern unterhalb von Höhengsprüngen aufgenommen. Angaben zu Schneeanhäufung durch Windverwehung sind ebenfalls neu. Der Abschnitt »Eislasten« wurde vollständig überarbeitet und erweitert.

##### Anwendungsbereich

Die Norm gilt nicht für Orte, die höher als 1500 m über NN

liegen. Hier sind für jeden Einzelfall Rechenwerte von der zuständigen Behörde festzulegen. Die angegebenen Lasten gelten nur für natürliche Schneelastverteilungen. Lastverteilungen infolge künstlicher Anhäufungen (z.B. durch Abräumen oder Umverteilen) sowie lastmindernde Einflüsse infolge Wärmedurchgangs durch die Dachhaut werden nicht berücksichtigt.

##### Schneelast auf dem Boden

Die charakteristischen Werte für Schneelasten auf dem Boden sind abhängig von der Schneelastzone und der Geländehöhe über dem NN. Sonderfälle für einzelne Regionen können von Behörden festgelegt werden.

##### Schneelast auf dem Dach

Die Schneelast auf dem Dach  $s_i$  ist abhängig von der Dachform und der charakteristischen Schneelast  $s_k$ . Sie ermittelt sich als Produkt der charakteristischen Schneelast und einem Formbeiwert je nach Dachform. Dieser liegt bei Flachdächern z. B. bei 0,8, womit sich die Schneelast auf dem Dach im Sockelbetrag auf  $0,8 \times 65 \text{ kg/m}^2$  entsprechend  $52 \text{ kg/m}^2$  vermindert kann (früher:  $75 \text{ kg/m}^2$ !).

##### Zusammenfassung

Auch wenn die neue Lastannahme auf den ersten Blick als zu aufwendig und theoretisch erscheint, so bildet sie doch die Realität deutlicher ab. Problematisch erscheint aber die durch die Absenkung des Sockelbetrags mögliche sehr geringe Schneelast in den Bereichen der Schneelastzone 1. Solcherweise konstruierte Dächer haben gegen Regenwasser- oder Schneeanhäufung im Katastrophenfall kaum Reserven! Die jedem Bausachverständigen bekannten Dacheinbrüche infolge Regen- und Schneeanhäufungen werden sicher durch diese Norm nicht abnehmen. Im Wesentlichen kommt es durch die Norm aber zur Erhöhung der maßgebenden Schneelast, was im Schadenfall bei der Pflicht einer Neuberechnung der Statik schnell zu nicht unerheblichen Mehrmaßnahmen führen kann.