

Kann Zerstörungsfreie Prüfung eine Rolle bei der Terroris- musprävention und Erhöhung der inneren Sicherheit spielen? *

Von Keren R. Baltzer, Materials Evaluation Assistant Editor

Einführung

Seit den Ereignissen des 11. September arbeiten viele Menschen an der Verbesserung der uns zur Verfügung stehenden Mittel zur Unterbindung künftiger terroristischer Anschläge.

Wer beruflich mit Zerstörungsfreier Prüfung (ZfP) zu tun hat, interessiert sich ganz besonders für die Frage, ob es möglich ist, die ZfP-Technologie so weiterzuentwickeln, dass sie genutzt werden kann, um derartige Anschläge zu verhindern.

Die ASNT-Mitglieder Matt Golis und Steve Cargill leiteten auf der ASNT-Herbstkonferenz 2001, verbunden mit einer Ausstellung über Qualitätsprüfung, ein offenes Forum zum Thema

„ZfP und Sicherheit“. Beiden liegt die Suche nach Mitteln und Wegen, um aus der ZfP ein Bestandteil der Maßnahmen im Bereich innere Sicherheit und Terrorismusprävention zu machen, sehr am Herzen. Sie vertreten die Auffassung, dass dies mit am schnellsten erreicht werden kann, wenn alle, die beruflich im Bereich ZfP tätig sind, dazu ermutigt werden, ihren Horizont auch auf Szenarien und Instrumente auszuweiten, die in der Vergangenheit in den Denkprozessen und bei den Bemühungen um technische Lösungen noch keine Rolle gespielt haben.

Hier einige Beispiele für Antworten auf verschiedene Bedrohungsszenarien, die auf dem Seminar der ASNT-Herbstkon-

ferenz 2001 über innere Sicherheit angedacht wurden:

- Lokalisierung von Systemen zur Wasseraufbewahrung, -filterung und -verteilung
- Maßnahmen zum Schutz der Seehäfen (Inspektion von Containerschiffen und beförderten Anhängern)
- Aufspüren von am Körper getragenen oder in Verstecken aufbewahrten Waffen
- Inspektion von kontrolliertem und nichtkontrolliertem Gepäck in den Gepäckaufbewahrungsstellen der Schienen-, Luft- und Busverkehrsdienste
- Lokalisierung von Menschen, die sich in Gebäuden und Fahrzeugen versteckt haben

* Copyright 2002 © The American Society for Nondestructive Testing, Inc.
Reprinted with permission from *Materials Evaluation*

- Lokalisierung von Hohlräumen und Menschen in lockerem Steinmaterial und geologischen Bildungen (wie Höhlen)
- Aufklärung über das Risiko biologischer Angriffe über das Postsystem.

Ein weiterer Bereich, wo ZfP hilfreich sein kann, ist die Messung vorhandener Spannungen in Ingenieurbauten. Solche Daten werden sehr wichtig sein, wenn zu bestimmen ist, welche weiteren Belastungen ein Gebäude noch aushält, bevor es zum Einsturz kommt. Derzeit werden „intelligente Bauten“ entwickelt, um festzustellen, was an ihren Außenflächen passiert, wenn eine von außen wirkende Kraft auf sie projiziert wird. Diese Bauten bieten tatsächlich die Möglichkeit, die Spannungen zu überwachen, um einen Einsturz zu verhindern.

Natürlich müssen die einzelnen Aspekte dieser Szenarien durch Konsultationen mit Militärstrategen und Mitarbeitern der Vollstreckungsorgane und Abwehrdienste, die voll in diesen Prozess einzubeziehen sind, noch erheblich vertieft werden.

ZfP-Verfahren, die schon für Zwecke der inneren Sicherheit eingesetzt werden

Einige der Sicherheitsmaßnahmen, die schon vor dem 11. September zur Anwendung kamen, beruhen auf der Röntgenprüfung, der Computertomografie, der digitalen Datenanalyse und der zerstörungsfreien Prüfung mit schnellen Neutronen.

Häufig zum Einsatz kommen bildgebende Verfahren mit Röntgenstrahlen, insbesondere zur Lösung von Problemen in den Bereichen Verteidigung, Luft- und Raumfahrt, Fahrzeugbau und Elektronik (Aracor, 2002). Aracor ist eine Gesellschaft, die Prüfsysteme entwickelt und herstellt und Forschungs- und Entwicklungsleistungen im Rönt-



Bild 1: System zur Abbildung von Röntgenquellen, verwendet für die Prüfung von Raketen, Kernwaffen, Fahrzeugkomponenten, elektronischen Geräten und fortgeschrittenen Werkstoffen

genstrahlenbereich anbietet. Gegenwärtig arbeitet die Gesellschaft mit einem von ihr selbst entwickelten Röntgenstrahlendetektor zur Prüfung von Raketen, Kernwaffen, Fahrzeugkomponenten, elektronischen Geräten und Werkstoffen (Bild 1).

Die US Air Force verwendet ihr computertomografisches System zur Prüfung und Wartung der amerikanischen ballistischen Raketen. Es ist möglich, die Sicherheit mit den verschiedenen Röntgentechnologien zu erhöhen, denn Röntgenstrahlen sehen nun einmal viel mehr als das menschliche Auge. Diese Technologien bieten eine hervorragende Leistung, verbunden mit einer hohen Nachweiseffizienz, einem großen Dynamikbereich und einer guten Streustrahlungsunterdrückung. Sie können Bilder in Frachtgut, Mobiliar und anderen dichten Stoffen sehen (Bilder 2a und 2b).

Ein weiteres Beispiel für bereits genutzte Verfahren ist die digitale Datenanalyse. Sie spielte auch eine Rolle bei der Untersuchung der Trümmer des World Trade Center. Die Firma Georgia Tech verwendete ein GPS-Gerät zur Standortbestimmung, eine Digitalkamera, einen kleinen Computer mit einer speziell entwickelten Datenerfassungssoftware und ein digitales Sprachaufzeichnungsgerät, um Bemerkungen schnell aufzeichnen zu können (Bild 3). Es ist auch der digitalen Datenanalyse zu verdanken, dass die Untersuchungen am Standort des World Trade Center so schnell und so präzise abgeschlossen werden konnten, was dazu beiträgt, schnell und problemlos Antworten zu finden.

Ein weiteres bildgebendes Verfahren ist die Prüfung mit gepulsten schnellen Neutronen (PFNA). Dabei handelt es sich um eine relativ neue Technologie auf automatischer, zerstörungsfreier, werkstoffschonender Grundlage, die für die Prüfung von ganzen Schiffcontainers und Lastwagen, von Luftfracht und anderem Frachtgut in Behältern eingesetzt werden kann. Schmuggelware wie Sprengstoff, Drogen oder gefährliche chemische Stoffe haben keine bestimmte Form und keine sonstigen äußeren Merkmale, anhand derer man sie von anderem, unbedenklichem Frachtgut, in dem sie möglicher-

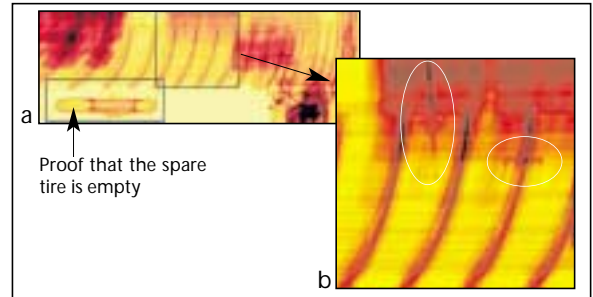


Bild 2 (a): Aufnahme eines leeren Ersatzreifens und eines Gewehrs und einer Pistole, versteckt in einem LKW; (b): Nahaufnahme von Gewehr und Pistole

weise versteckt sind, unterscheiden kann. Mit der PFNA-Technologie ist es möglich, die in kleinvolumigen Abschnitten eines untersuchten Objekts enthaltenen Elemente (Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff) zu messen. Anschließend werden aus den Messergebnissen dreidimensionale Karten von der elementspezifischen Zusammensetzung der Fracht erzeugt. Anhand der gemessenen Mengen und relativen Konzentrationen der Schlüsselemente können bestimmte Stoffe nachgewiesen werden. Das untersuchte Objekt (beispielsweise ein Container) bewegt sich durch das System hindurch und wird dabei kurzen Impulsen schneller Neutronen ausgesetzt. Wenn die Neutronen auf den Container treffen, geben sowohl der Container als auch das darin befindliche Gut Gammastrahlen ab. Gammastrahlen-Detektoren, die um den Container herum angeordnet sind, erfassen die elementspezifischen Signale, die vom Inhalt des Containers ausgehen. Ein elektronisches Datenerfassungssystem verarbeitet die Signale und leitet die elementspezifischen und die räumlichen Daten an ein Computer-



Bild 3: Zur Ausrüstung des Teams der Georgia Tech bei der Datensammlung gehören ein persönlicher Datenassistent, ein kleines GPS-Gerät zur Standortbestimmung, eine Digitalkamera und ein Diktiergerät (das Foto wurde freundlicherweise bereitgestellt von Norris Scott/Georgia Tech ©2002)

system weiter, das daraus elementspezifische Bilder vom Inhalt des Containers erzeugt. Der Prozess läuft vollautomatisch ab und bedarf keiner Auswertung durch Menschen. Der Nachweis erfolgt unabhängig von der Form und kann auch nicht durch geschickte Verpackungsmethoden verhindert werden (Ancore, 2002).

Dieses Verfahren bietet verheißungsvolle Möglichkeiten für die Aufspürung von Gegenständen mit Terrorismusbezug. Allerdings bestehen zur PFNA-Technologie sehr kontroverse Meinungen, und gibt es noch einigen Klärungsbedarf bezüglich der Frage, ob sie im ZfP-Arsenal für den Einsatz im Bereich Innere Sicherheit Einzug halten soll oder nicht und wann das passieren könnte. Ein Problem, das in diesem Zusammenhang angesprochen wird, betrifft die bürgerlichen Freiheiten. Mit PFNA kann man so vieles so deutlich sehen, dass manch einer um die Privatsphäre der gefährdeten Bürger besorgt ist. Diese Ängste überwiegen (vielleicht auch nicht) gegenüber dem Mehr an Sicherheit, das diese Technologie verspricht. Die Frage ist, ob uns unsere Privatsphäre wichtiger ist als unsere Sicherheit. Da der Schutz der Privatsphäre in der Verfassung verankert ist und diese Frage kontrovers diskutiert wird, ist der Einsatz der PFNA problematisch. Eine weitere Frage, die sich in diesem Zusammenhang stellt, sind die Kosten. Gegenwärtig wird die PFNA noch von keinem Konzern finanziert, und die Finanzierung ist auch nicht leicht, da es sich um eine sehr teure Technologie handelt und noch nicht klar ist, welche Vorteile und Gewinnmöglichkeiten die PFNA bietet. Deshalb hat sich bisher kein Konzern gefunden, der bereit wäre, ganz allein die Verantwortung für ihre Finanzierung zu übernehmen. Die PFNA wird zwar schon in begrenztem Maße bei Containeruntersuchungen angewandt, aber die Frage, ob und wie sie in der Zukunft zum Einsatz kommt, ist noch nicht entschieden.

Die vorstehend genannten Methoden sind nur einige Beispiele für ZfP-Verfahren, die zur Terrorismusbekämpfung eingesetzt werden können.

Zukünftige Möglichkeiten für den Einsatz der ZfP bei der Terrorismusbekämpfung

Möglichkeiten für den Einsatz bei der Terrorismusbekämpfung gibt es viele. Dazu gehören:

- Entwicklung und Anpassung bodendurchdringender Radargeräte (im

Laufe der Jahre wurde diese Technologie weiter verbessert, so dass kleine, wirksamere Antennensysteme verwendet werden können; am besten geeignet sind solche Geräte, wenn in den Auswertungsbereichen bezüglich des Scheinwiderstands gleichmäßige Bedingungen herrschen)

- Entwicklung der PFNA-Technologie
- Entwicklung drahtloser Sensoren, die Signale über Temperaturen sowie Spannungen in Stahlteilen an ein DV-System leiten, das diese Signale erfasst und verarbeitet und anzeigt, ab wann Einsturzgefahr für die Stützpfiler von Bauwerken besteht
- Anwendung der Röntgen-Hartstrahl-Technologie, um Milzbrandbazillen abzutöten
- Verwendung neuer elektronischer Abtastverfahren (Funktionsweise ähnlich der Mikrowelle), mit denen biochemische Erzeugnisse unschädlich gemacht werden können, selbst wenn sie in einem Umschlag stecken
- Entwicklung von Systemen, mit denen mehrere Menschen gleichzeitig untersucht werden können (z.B. beim Anstehen in der Schlange)
- Anpassung der nuklearen geruchssensorischen Technologie für eine breite Palette von Stoffen, darunter chemische und biologische, die in Flugzeugen zum Einsatz kommen können
- Entwicklung seismologischer Untersuchungssysteme auf der Grundlage von aus der Luft kommenden Impulsstößen und Steuergitter-Detektion der dadurch bewirkten Oberflächen-Undulation durch den Einsatz ortsferner interferometrischer Sensoren
- Forschungen über den Einsatz chemisch sensitiver Gase, die ihre physikalischen Eigenschaften (Farbe) verändern, wenn sie mit chemischen Stoffen in Berührung kommen, die für Lebewesen charakteristisch sind (z.B. CO₂)
- Simulation der Riechfähigkeit des Hundes auf der Grundlage fortgeschrittener Erkenntnisse über die Gerüche und ihre Wahrnehmung.

Dies sind natürlich nur Beispiele für die Rolle, die die ZfP auf dem Gebiet der inneren Sicherheit spielen kann, zugleich aber auch Denkanstöße. Wir haben gesehen, dass die ZfP dazu beitragen kann, terroristische Anschläge zu verhindern. Ebenso kann sie aber auch einen Beitrag zur Konzipierung eventueller terrorismussicherer Bauten und

Systeme leisten. Ein Beispiel dafür liefern die Untersuchungen am Standort des World Trade Center.

Untersuchungen am Standort des World Trade Center

Bei der Arbeit, im Anschluss an die Terroranschläge, hat die ZfP eine wichtige Rolle gespielt. Nur wenige Tage nach dem 11. September begab sich der Bauexperte Abolhassan Astaneh-Asl, Professor für Ingenieurbau an der University of California in Berkeley, vor Ort, um so viel wie möglich über die Ursachen des Einsturzes der Zwillingstürme herauszufinden. Gleichfalls auf dem Ground Zero war ein Team von Ingenieurbauexperten der Georgia Tech zur Katastropheneinschätzung.

Das World Trade Center hatte aus zwei 110-stöckigen Wolkenkratzern (bekannt als Twin Towers) und fünf kleineren Gebäudekomplexen bestanden. Die Gebäude waren leicht und ökonomisch gebaut worden; sie waren so konzipiert worden, dass sie den auf die Außenflächen einwirkenden Windbelastungen problemlos standhielten. Die Türme des World Trade Center gehörten mit zu den höchsten Gebäuden in der Welt und schlossen eine Bürofläche von 836 127 m² ein. Tower I war 414 m, Tower II 412 m hoch. Die Fassade bestand aus Aluminiumblechplatten und Stahlgitterwerk, und die Geschossböden aus versteiften Stahl-Fertigelementen, die 838 mm (33 in.) tief waren. Die Türme hatten eine schlauchartige Konstruktion mit in kleinen Abständen angebrachten Säulen und Stützbalken an den Außenwänden. In den Büroräumen gab es keine trennenden Säulen. Die Türme standen auf einem festen steinigen Untergrund. Die Fundamente reichten mehr als 21 m tief in den Erdboden. Jeder Turm hatte 104 Personenaufzüge und 21 800 Fenster.

Im WTC-Komplex arbeiteten insgesamt etwa 50 000 Menschen.

Die Türme waren in Leichtbauweise aus Stahl- und Glaselementen, gehalten durch die äußeren Säulen, errichtet worden. Jeder Betonboden wurde von einem Tragwerk aus Stahl mit Platten gehalten, die speziell dafür konzipiert waren, Belastungen durch starken Wind abzumildern. Die Treppen und Aufzüge befanden sich im Kern der Türme; sie wurden durch Säulen gehalten. Den größten Halt bot jedoch die Außenverkleidung der Türme (Craven, 2002).

Die Stahltrümmer des World Trade Center liefern wertvolle Hinweise zur



Bild 4: Stahltrümmer, gefunden nach dem 11. September am Standort des zerstörten World Trade Center

Beantwortung der Frage, warum die Gebäude kollabiert sind (Bild 4). Finanziert durch eine Spende der National Science Foundation, führten Professor Astaneh-Asl und Professor David Frost von der Georgia Tech mit einem Absolventen-Team Prüfungen an Stahltrümmern aus verschiedenen Abschnitten der Türme durch. Die dabei gewonnenen Daten werden bei Ingenieurbaustudien verwendet, die dazu dienen, die Festigkeit der nationalen Hoch- und Tiefbauten gegenüber Bränden, Erdbeben, Explosionen und anderen Katastrophen zu verbessern. Frost und sein Team werden eine neue Anwendersoftware für den persönlichen Datenassistenten verwenden, der von seiner Forschungsgruppe entwickelt wurde. Diese Software macht es möglich, dass bei der Untersuchung der Umgebung mehrere Teams gleichzeitig digitale Daten und Fotos sowie GPS-Koordinaten sammeln und eingeben können (Bild 5). Es werden qualitative und quantitative Informationen über Schäden struktureller und nichtstruktureller Art zusammengetragen.

Professor Astaneh-Asl entwickelt in Zusammenarbeit mit dem Lawrence Livermore National Laboratory ein Computermodell auf der Grundlage der von ihm zusammengetragenen Daten. Er ist der Auffassung, dass die Gebäude durch die Beschädigungen, die sie durch den Flugzeugaufprall selbst erlitten, nicht zusammengestürzt sein können. Die Türme waren dazu ausgelegt, normalen Bränden und Stürmen selbst in Hurrikan-Stärke standzuhalten. In Berichten waren Ingenieure davon aus-

gegangen, dass selbst der Aufprall einer Boeing 707 die Türme nicht zum Einsturz bringen würde. Aber die beiden Flugzeuge, die auf die Türme prallten, waren viel größer als eine Boeing 707. Experten zufolge konnte kein Ingenieur mit einem terroristischen Anschlag dieses Ausmaßes rechnen. Wie auch immer - eine Stunde lang hielten die beiden Türme, nachdem sie getroffen worden waren, bemerkenswert stand. Es war das Feuer, das eine Hitze von über 500° C entwickelte, das schließlich dazu führte, dass die äußeren Säulen der Turmfassade nachgaben. Nachdem die Träger weich geworden waren, stürzten die Geschossböden aus Beton ab. Der Stahl, der durch Brandeinwirkung beschädigt wurde, wird unter einem Elektronenmikroskop untersucht, um Änderungen in seiner Kristallstruktur festzustellen. Werkstoffforscher können bestimmen, wie lange das Feuer auf den Stahl eingewirkt hat und bei welcher Temperatur genau er dann nachgab. Astaneh-Asl erklärte ferner, dass seiner Ansicht nach die Schraub- und Schweißverbindungen ordnungsgemäß ausgeführt waren.

Eine Frage ist, ob nicht neue Baustoffe entwickelt werden können, um solche Zerstörungen in Zukunft zu verhindern. Es wäre zwar schön, wenn „terrorismussicher“ gebaut werden könnte, scheint jedoch unrealistisch. Bauwerke werden so geplant, dass sie bestimmten, zu erwartenden Belastungen standhalten. Ein terroristischer Angriff aber ist etwas Unerwartetes, und er bringt für das Bauwerk andere Belastungen mit sich als die, für die es ursprünglich geplant wurde. Die Bauindustrie ist sehr kostenbewusst, und man denkt hier in erster Linie an die Kosten, die mit der Entwicklung einer neuen Kategorie von Baustoffen verbunden wären. Aber wie dem auch sei, Astaneh-Asl leistet wertvolle Vorarbeit zu der Frage, ob es möglich ist, so zu bauen, dass Gegenstände nicht mehr in ein Bauwerk eindringen und es zerstören können, sondern von seiner Oberfläche abprallen.

Astaneh-Asl arbeitet an der University of California in Berkeley mit verschiedenen Baumaterialien. Zuvor hatte er sich mit der Schaffung von Bauwerken befasst, die extrem schweren Erdbeben standhalten können. Nach dem Entwurf erdbebenfester Strukturen untersucht er nun, welche Möglichkeiten es gibt, Gebäude so zu gestalten, dass sie terroristischen Anschlägen standhalten. Derzeit arbeitet er an Kombinationen von Stahlplatten und Zementblöcken,



Bild 5: Ein Absolvent der Georgia Tech verwendet ein fortgeschrittenes digitales DV-System zur Einschätzung der Gebäudeschäden auf dem Ground Zero in New York (das Foto wurde freundlicherweise bereitgestellt von Norris Scott/Georgia Tech ©2002)

die strukturell so fest sind, dass sie ein Objekt, das mit großer Geschwindigkeit und Kraft auf das Gebäude prallt, abweisen können. Denn wenn es gelänge zu verhindern, dass das betreffende Objekt in dem Gebäude stecken bleibt, dann könnten nicht mehr extrem hohe Temperaturen den Stahl so schwächen, dass schließlich die Stahlträgerkonstruktionen zusammenbrechen. Der Einsatz der ZfP bei der Untersuchung der Festigkeit von Stahl und Zement, um festzustellen, ab welcher Belastung die Struktur nachzugeben beginnt, wird ein Weg sein, zur Verhinderung terroristischer Anschläge mit verheerenden Folgen beizutragen.

Ebenso beschäftigt man sich sehr viel mit der allgemeinen Philosophie, die dem terrorismussicheren Bauen zugrunde liegt. Wenn neue Baumaterialien oder auch „alte“ Baumaterialien, aber mit neuen Eigenschaften, in Hochhäusern oder anderen hohen Bauten eingesetzt werden könnten, die dann anschließend routinemäßig ständig auf ihre Festigkeit untersucht werden, dann könnte man die Folgen terroristischer Anschläge eindämmen.

ZfP kann zum einen dazu dienen, Untersuchungen an Standorten von Gebäuden vorzunehmen, die nach einem Terroranschlag zusammengestürzt sind, und Lehren daraus zu ziehen, zum anderen aber auch dazu, die strukturelle Festigkeit eines nach einem solchen Anschlags noch stehenden Gebäudes zu bestimmen, wie dies nach dem Bombenanschlag auf das World Trade Center von 1993 der Fall war.

Der Bombenanschlag auf das World Trade Center von 1993

Die Gesellschaft Lucius Pitkin war nach dem Bombenanschlag von 1993 an

der Untersuchung der Gebäude und Anlagen des World Trade Center beteiligt. Folgende Prüfungen wurden von den Inspektoren der Gesellschaft an dem Gebäudekomplex durchgeführt und zeigen, dass bei der Bestimmung des Schadensausmaßes nach dem Anschlag ZfP-Verfahren eine signifikante Rolle gespielt haben:

- Während eines Schneesturms etwa eine Woche nach dem Bombenanschlag wurden Dehnmessgeräte eingesetzt, um die Belastung der Tragsäulen unter dem Vista-Hotel zu messen. Durch die Zerstörung und den Einsturz der Betonplatten, die die Tiefgarage umschlossen, war die seitliche Einspannung der Tragsäulen beeinträchtigt worden. Es wurde aber festgestellt, dass die Betriebsspannungen während des Sturmes minimal waren und man sich daher keine Sorgen wegen der strukturellen Festigkeit der exponierten Säulen zu machen brauchte.
- Es fanden Prüfungen an den Rohrleitungssystemen (Dampf, Kondensat, Kühl-, Trink-, Flusswasser, Sturmwasserableitung) in Form einer allgemeinen visuellen Prüfung und von Magnetpulverprüfungen an den umlaufenden Schweißnähten statt. Die Ergebnisse zeigten, dass sich zwar einige Leitungen verzogen hatten, aber keine Schweißnaht gerissen war.
- Die Wärmeaustauschrohre in den Kondensator- und Kühlrohrsystemen jeder der sieben Zentrifugalkühlaggregate von 6 Mg wurden mit dem Wirbelstromverfahren geprüft. Die Autobombe war genau sieben Stockwerke über der Kühlanlage explodiert, so dass die Reste der Betonplatten und sonstige Trümmer auf die Kühlaggregate gefallen waren. Die Prüfungen ergaben jedoch keinerlei Hinweis auf Beschädigungen der Wärmeaustauschrohre im Ergebnis der Explosion.
- Neben den Rohrleitungen wurde auch die Ummantelung der Kühleinheiten untersucht, und zwar durch Magnetpulverprüfungen an den Schweißnähten und Ultraschallprüfungen zur Messung der Wandstärke. Es zeigte sich, dass sich an einigen Stellen durch Langzeiteinwirkung Rost gebildet hatte. Der einzige Schaden, der auf die Explosion zurückzuführen war, war jedoch eine tiefe Beule im oberen Teil der Ummantelung eines Kondensatoraggre-

gats. Da es sich dabei um ein Nenn-Druckgefäß handelte, prüfte die Gesellschaft diese Kerbe gemäß den Anforderungen von Teil VIII des ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Die weiteren durchgeführten Untersuchungen bestanden in Tiefenmessungen der Beule, einer Ultraschall-Raster-Dickenprüfung des verbeulten Bereichs sowie Magnetpulverprüfungen und Ultraschallprüfungen des verbeulten Bereichs. Diese Prüfungen ergaben keine Risse oder Materialverluste. Die Beule war jedoch so tief, dass der höchstzulässige Betriebsdruck des Gefäßes nach unten korrigiert werden musste. Der neue Drucknennbereich war aber immer noch größer als der Betriebsdruck, so dass weitere Reparaturen oder eine Auswechslung nicht notwendig waren.

- Es gab noch andere Untersuchungen, darunter Videoaufnahmen vom Innern einer Jumbo-Box-Säule unmittelbar neben dem Explosionsort, um nach inneren eventuellen Beschädigungen in Form von Verbiegungen oder Rissen zu suchen (es wurden keine festgestellt). Mit Hilfe von Ausrüstungen zur Aufspürung von Kabeln und erdverlegten Rohrleitungen wurde festgestellt, wo sich in den teilweise eingestürzten Betonplatten Stromleitungen befanden, und es wurden die Rußablagerungen auf der Innenseite der Gebäudefassade untersucht, um die Effizienz der Reinigungsmethoden zu bestimmen.

Die Untersuchungen, die 1993 am World Trade Center durchgeführt wurden, zeigten, dass die ZfP hilfreich ist, wenn es darum geht, beschädigte Objekte sicher zu machen. Durch die Prüfungen konnte festgestellt werden, wo die Festigkeit der Gebäudestruktur gelitten hatte, und konnten Informationen gewonnen werden, die benötigt wurden, um das Gebäude so zu verstärken, dass es wieder so einsturzsicher war wie zuvor. Der Bombenanschlag von 1993 hatte also nichts mit dem Einsturz der Zwillingtürme des World Trade Centers am 11. September 2001 zu tun, denn die Strukturfestigkeit des World Trade Center war nach diesem Anschlag auf der Grundlage der ZfP wieder völlig hergestellt worden.

Allerdings konnte niemand mit einem Anschlag rechnen, wie er 2001 stattfand - mit Temperaturen über 500° C - der die beiden Türme völlig in sich zusammenstürzen ließ. Die Prüfungen nach dem ersten Anschlag 1993 waren

jedoch wichtig für die Frage nach der Festigkeit des Gebäudes und seiner Eignung für die künftige Nutzung. Da die Explosionen vom 11. September um vieles gewaltiger waren, konnte nichts getan werden, um den Einsturz aufzuhalten. Immerhin aber kann die ZfP zur Untersuchung der Trümmer herangezogen werden, um aus den Ergebnissen zu lernen, wie in Zukunft terrorismussicherer gebaut werden kann. ZfP ist ein hervorragendes Instrument zur Unterstützung der derzeit laufenden Arbeiten zur Entwicklung und Erhaltung der Festigkeit von Gebäudestrukturen.

Zusammenfassung

Wir werden uns auch künftig weiter mit der Frage befassen müssen, welchen Beitrag die ZfP zur Erhöhung der inneren Sicherheit und Verhinderung terroristischer Angriffe leisten kann. Am wichtigsten ist es, dafür zu sorgen, dass die Kreativität erhalten bleibt, und dass mit Blick auf den Aspekt Sicherheit neue Ideen zur Anwendung der ZfP Einzug in diesen Bereich halten. Ebenso ist es wichtig, die Initiativen anderer Bereiche zu unterstützen, indem spezielle Sensoren, Anwendungsverfahren und fortgeschrittene Auswertungssysteme entwickelt werden. Wenn wir uns dessen bewusst bleiben, dann kann die ZfP tatsächlich eine Rolle bei der Schaffung einer sichereren Welt spielen.

Danksagung

Ich danke Matt Golis und J. Steve Cargill, die mir dabei geholfen haben, Einsichten in Fragen der inneren Sicherheit im Zusammenhang mit ZfP zu entwickeln, und Abolhassan Astaneh-Asl für die Bereitstellung von Informationen über die Vor-Ort-Untersuchungen nach den Anschlägen vom 11. September. Ich danke ferner Joseph Crosson von der Gesellschaft Lucius Pitkin, der mich mit Informationen über die ZfP nach dem Bombenattentat auf das World Trade Center von 1993 versorgte. Des weiteren danke ich Jon Horsey für die Bereitstellung von Bild 4 (Ground Zero) und Aracor für die Bereitstellung der Radiografien.

Literaturhinweise

Ancore Corporation, „FPNA Technology,“ <www.ancore.com>, referenced February 2002

Aracor, „X-Ray Imaging Systems,“ <www.aracor.com>, referenced February 2002

Craven, Jackie, „Tower Tragedy,“ <architecture.about.com/library/weekly/aa091201a.htm>, referenced February 2002