

Forschung & Lehre

2 | 14

ALLES WAS DIE WISSENSCHAFT BEWEGT



Drittmittel
Gefährdung oder Garant
der Forschungsfreiheit?
| ab Seite 92

**Großer
Akademischer
Stellenmarkt**

| ab Seite 141

**GROSS-
BRITANNIEN**
Die feine
englische Art

| ab Seite 110

TENURE-TRACK
Das Potsdamer
Modell

| ab Seite 114

**WISSENSCHAFTLER
UND BURNOUT**
Entleertes Füllhorn

| ab Seite 116

Was ist eigentlich Zerstörungsfreie Prüfung?

Moderne Technik und analytischer Spürsinn

| CHRISTIAN U. GROSSE | Auf dem Weg zu immer leistungsfähigeren Prüftechniken gibt es zerstörungsfreie Verfahren, mit denen Objekte und ihr aktueller Zustand untersucht werden können. Einblicke in ein noch junges Fach mit Zukunftsperspektive.

Das Fachgebiet der Zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) umfasst im weiteren Sinn alle Bereiche der Messtechnik und Datenanalyse, mit denen Objekte und ihr aktueller Zustand zerstörungsfrei untersucht werden können. Im engeren Sinn gehört das Fachgebiet zur Material- bzw. Werkstoffprüfung und wird in diesem Fall anwendungsbezogen dem Bauwesen und Maschinenbau zugerechnet. Dabei besitzt der Bereich methodisch bedingt eine große Nähe zu den Naturwissenschaften und vor allem zur Physik, denn es werden Methoden wie die Ultraschalltechnik oder die Infrarot-Thermographie verwendet. Häufig bestehen Anwendungen darin, die Qualität zu sichern, die physikalischen oder chemischen Eigenschaften eines Objektes (wie elastische Eigenschaften, E-Modul, Rauigkeit o.ä.) zu ermitteln oder ein Bauteil hinsichtlich einer eventuell vorhandenen Schädigung zu untersuchen. Bevor die heutigen modernen ZfP-Techniken zur Verfügung standen, wurden zur Optimierung von Bauteilen und Weiterentwicklung von Produkten häufig Verfahren der empirischen zerstörenden Werkstoffprüfung verwendet. Es wurden Proben von Bauteilen hergestellt und unter betriebsähnlichen

Belastungen bis zum Versagen getestet, was einige naheliegende Nachteile mit sich bringt.

Mit der Verwendung immer komplexerer Werkstoffkombinationen wie Legierungen und Komposite (19./20. Jahrhundert) mussten immer leistungsfähigere Prüftechniken entwickelt werden, um die gefertigten Bauteile, Bauwerke und Anlagen zu überprüfen. In diesem Zusammenhang entstanden Prüfzentren wie die Technischen Überwachungsvereine (TÜV). Einen weite-

»Zerstörungsfreie Prüfverfahren sind in die meisten Herstellungsprozesse eingebunden.«

ren Schub erhielten die Prüftechniken durch Entwicklungen im Bereich Sensorik und Elektronik und insbesondere durch die Verwendung von Computern im letzten Jahrhundert. Heute zählen zu den meistverwendeten ZfP-Techniken Ultraschall, RADAR, Mikrowellen und Terahertz, Infrarot-Thermographie, Schwingungs- und Schallemissionsanalyse, Radiographie und visuelle Techniken wie die Mikroskopie.

Generell lassen sich die Prüftechniken nach den Einsatzgebieten in Verfahren zur Qualitätssicherung, zur Inspektion und zur Dauerüberwachung unterscheiden.

Qualitätssicherung

Zerstörungsfreie Prüfverfahren sind heute in die meisten Herstellungsprozesse eingebunden. Sie überwachen den

Produktionsprozess und helfen, fehlerhafte Bauteile frühzeitig auszusortieren. Einzelne Komponenten oder ganze Bauteile können auf Güte überwacht werden. Moderne Techniken sind aber auch in der Lage, den Produktionsprozess selber zu optimieren und die Ausschussquote zu verringern.

Inspektion

In einer Inspektion können durch die Anwendung von ZfP-Verfahren Objekte einmalig oder gelegentlich überprüft werden. Häufig entsteht der Wunsch nach Inspektionen, wenn die Bauteileigenschaften nicht den Erwartungen entsprechen oder wenn erste Schäden sichtbar sind. Wenn – wie häufig – die Vorgeschichte des Objekts unbekannt ist und nur wenige Informationen über Geometrie und Materialzusammensetzung erhältlich sind, ist analytischer Spürsinn notwendig, wie er sonst eher in anderen Bereichen (Forensik oder Medizin) üblich ist. Aber es gibt noch weitere Querverbindungen. Ist das Ziel eine umfassende Strukturanalyse eines Bauteils, so kann man Methoden der Geophysik nutzen, die sich mit dem Aufbau der Erde befasst und mit der Exploration auf Rohstoffe (Gas, Erdöl, Wasser). Tatsächlich beruhen viele Verfahren der zerstörungsfreien Messtechnik und Datenanalyse entweder auf Verfahren, die in der Geophysik (Seismik, Seismologie, Magnetik, Geoelektrik) oder in der Medizintechnik entwickelt wurden.

Dauerüberwachung

Für die Dauerüberwachung (beispielsweise im Rahmen einer Strukturüberwachung oder eines *structural health monitoring*) werden überwiegend passive ZfP-Verfahren (also Verfahren ohne eigenen Sender oder Anre-



AUTOR

Christian U. Große hat den Lehrstuhl für Zerstörungsfreie Prüfung an der Technischen Universität München inne.



ger) verwendet. Da es häufig leichter ist, eine Abweichung von einem „üblichen“ Betriebszustand zu detektieren, kann damit frühzeitig eine beginnende Schädigung angezeigt werden. Im Gegensatz zur einmaligen Inspektion oder der Anwendung von Prüfverfahren in größeren Zeiträumen wird bei der Dauerüberwachung ein Bauteil quasi-kontinuierlich beobachtet, wobei die Zeitintervalle der Einzelmessungen von den Änderungen der Messgröße abhängen (von Sekunden/Minuten bis Stunden/Tage). So lassen sich beispielsweise nur wenige Mikrosekunden dauernde Rissprozesse genauso beobachten wie Schädigungen an Brückenkonstruktionen, die über Jahre hinweg entstehen. Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Dauerüberwachung sind die Verwendung von drahtlosen Sensortechniken (Sensorknoten) und von Mikroelektromechanischen Miniatursensoren (MEMS).

Ausbildung und Forschung

Professuren wurden zu dem Thema an den Hochschulen in Stuttgart, Saarbrücken und München eingerichtet. Der Lehrstuhl für ZfP an der TU München ist dabei der einzige, der als *Joint Ap-*

pointment in den Fakultäten Bauwesen und Maschinenbau angelegt ist. Das geringe akademische Lehrangebot bewirkt, dass ZfP-Spezialisten häufig entweder mit einer Ausbildung in Geophysik, Physik oder den Materialwissenschaften „quereinsteigen“ oder ein Studium ingenieurwissenschaftlicher Fachgebiete (z.B. Bauwesen, Maschinenwesen, Elektrotechnik) abgeschlossen haben.

ZfP – ein Querschnittsgebiet

Da die Zerstörungsfreie Prüfung ein methodisches Fach und nicht auf ein bestimmtes Material oder eine Anwendung beschränkt ist, ist das Arbeitsgebiet höchst abwechslungsreich. Anwendungen reichen am Lehrstuhl für Zerstörungsfreie Prüfung der TU München beispielsweise von der Meteoritenforschung (Auswirkungen von Körper-Körper-Kollisionen) über Anwendungen von ZfP-Verfahren bei der Sicherung von Kulturgütern (Denkmalschutz, Restaurierung, Museen) bis hin zur Entwicklung von Mikroorganismen zur Selbstheilung von Beton. Anfragen zur Mithilfe bei der forensischen Archäologie (Bundeskriminalamt) oder

Untersuchung eines Bauteils aus Kohlefaserverbundwerkstoffen mit Ultraschall

zur Sortierung von Holz können ebenso zur täglichen Arbeit gehören wie die Beobachtung von Hangrutschungen (Geologie). Besonders industriennahe Projekte befassen sich mit der Prüfung von Faserverbundwerkstoffen z.B. aus Kohlefasern (CFK), wie sie aktuell im Leichtbau (Automotive, Aeronautik) eingesetzt werden.

Die Zerstörungsfreie Prüfung ist über die Anfänge als reine Hilfestellung bei Kessel- und Schweißnahtprüfungen deutlich hinausgewachsen und hat sich zu einer modernen Querschnittswissenschaft entwickelt. Sie erfordert eine Kompetenz in vielen Schlüsseldisziplinen (Materialwissenschaften, Messtechnik, Datenverarbeitung u.a.). Das Fach ist bei den Studierenden aufgrund der messtechnischen Anwendungen sehr beliebt. Leider wird es bislang nur an wenigen deutschen Hochschulen angeboten. Dies gilt es in den nächsten Jahren zu ändern, denn der Bedarf an Ingenieuren mit dieser Zusatzqualifikation ist groß.