

Materialerschöpfung im Blick

Berechnungsprogramm zur schnellen und realitätsnahen Erfassung des Bauteilzustands

In Chemieanlagen sind metallische Bauteile oftmals hohen Temperaturen oder wechselnden Druck- und Temperaturbelastungen ausgesetzt. Mit der Einsatzdauer der Bauteile wächst die Materialerschöpfung und damit das Risiko für Schäden. Benötigt wird deshalb ein Verfahren, das den Bauteilzustand schnell und realitätsnah erfasst, damit rechtzeitig – aber nicht verfrüht – eingegriffen werden kann. Diese Lücke schließt TÜV Süd mit einem eigens dafür entwickelten Service. Den Kern bildet das Berechnungsprogramm TSE (Temperatur-Spannung-Erschöpfung).

Chemieanlagen müssen teils in hohen Temperaturbereichen und mit schnell wechselnden Belastungsparametern betrieben werden. Damit sind Anlagenbauteile durch Druck und Temperatur stärker in Richtung Kriechen und/oder Ermüdung belastet. Mit dieser Entwicklung erhält die Überwachung der Bauteilerschöpfung ein neues Gewicht. Einerseits ist die Kenntnis des Erschöpfungszustands eine wichtige Voraussetzung, um Schäden vorzubeugen. Andererseits müssen Betreiber in der Lage sein, das Lebensdauerpotenzial der Bauteile tatsächlich auszuschöpfen.

Mechanismen der Erschöpfung

Die Schädigungsmechanismen an drucktragenden Bauteilen sind Kriechen und Ermüdung, in den Regelwerken auch als Zeitstanderschöpfung und Wechsellerschöpfung bezeichnet. Die Kombination der beiden Anteile ist die Gesamterschöpfung. Während Kriechen auch bei statischen Belastungen auftritt und auf der Belastungsseite von Temperatur und Innendruck abhängt, entsteht Ermüdung bei Belastungswechseln, also Druck- und Temperaturveränderungen. Im Falle von thermisch bedingter Ermüdung sind die Auswirkungen im Anfangsstadium kaum nachzuweisen, da sie sich zuerst an der Innenoberfläche des Bauteils zeigen, dort aber mit den Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) schwer auszumachen sind. So treten Schadensereignisse auf, obwohl man eigentlich davon ausging, mit ZfP eine zuverlässige Vorsorge betrieben zu haben.

Belastungen mit TSE berechnen

Mit dem Berechnungsprogramm TSE kann auf Basis der Druck- und Temperaturverläufe die Gesamterschöpfung ermittelt werden. Das Programm nutzt regelwerkspezifische Algorithmen in gekapselten Routinen und ist zu 100% konform mit den jeweils anwendbaren Codes und Standards. Die Ergebnisberichte stellen damit auch einen verlässlichen Legal Compliance Report dar. Neben den gemessenen Belastungsdaten benötigt die Software als Eingabe Geometrie- und Materialdaten. In der Analyse wird für den gesamten Auswertzeitraum über eine integrierte instationäre Temperaturfeldberechnung für jeden Zeitpunkt die nichtlineare Temperaturverteilung über der Bauteilwand für ein dichtes Wand-Stützstellennetz berechnet. Das Programm kann auch auf der Bauteilaußenseite gemessene Temperaturen verarbeiten, da ein Modul zur Lösung des inversen Temperaturleitproblems implementiert ist. Damit müssen nicht zwangsläufig aufwendige Innenwand-, Medium- oder gar Delta



Die Erschöpfung an drucktragenden Bauteilen zu überwachen, spart Betriebs- und Instandhaltungskosten.



Franz Binder,
TÜV Süd Industrie Service

T-Messungen mit Erfassung der Wandmittentemperatur zur Verfügung stehen.

Die Analyse der Daten ist für die deutschen Anlagen ausgerichtet auf das regelwerkskonforme Vorgehen gemäß TRD 301/303 und DIN EN 12952. Der Nachweis, dass die Bauteilerschöpfung unterhalb der Schwellenwerte nach DIN EN bzw. TRD liegt, wird dabei mit einer paketweisen Offline-Auswertung der gemessenen und gespeicherten Daten erbracht. Die Auswertepunkte sollten sich an den zuletzt ermittelten Erschöpfungsgraden und der Fahrweise der Anlage orientieren. Ein jährlicher Auswertezyklus ist empfehlenswert, damit neue Belastungsphänomene ausreichend früh in die Bewertung einfließen können.

Besonders bei der im ersten Schritt stattfindenden Bestandsaufnahme der auftretenden Belastungen hat die Offline-Auswertung klare Vorteile, denn in der Gesamtschau eines längeren zusammenhängenden Zeitraumes können Belastungsmuster erkannt werden. Im Berechnungsprogramm sind hierfür entsprechende Muster-Erkennungsroutinen implementiert. Damit lassen sich kritische Lastereignisse zuverlässig zuordnen und es können – soweit notwendig – belastungsmindernde Anpassungen der Fahrweise veranlasst werden. Im zweiten Schritt werden die aktuellen Stände in der Gesamterschöpfung

der Bauteile ermittelt. Zusätzlich wird jetzt das zu diesem Zeitpunkt vorliegende Erschöpfungspotenzial der Bauteile angegeben. Damit ist bekannt, welche Lastwechselreserven vorhanden sind und in welchem Umfang weitere Änderungen bei der Fahrweise realisiert werden können.

In einem möglichen dritten Schritt wird für neu geplante Transienten der daraus resultierende Erschöpfungsfortschritt berechnet und mit den bereits aufgetretenen Erschöpfungsgraden aus dem bisherigen Betrieb akkumuliert. Auf diese Art können optimierte Transienten definiert werden, mit denen eine gleichmäßige Nutzung der Erschöpfungspotenziale gegeben ist, und zugleich die Gesamterschöpfung im unkritischen Bereich bleibt. Der grundlegende Ansatz des Berechnungsprogramms ist damit die maximale Realitätsnähe bei gleichzeitiger Vermeidung von zusätzlichen Sicherheiten, die physikalisch nicht begründet sind und von den Regelwerken nicht gefordert werden.

TSE verwendet bei der Spannungsberechnung nicht die Wandmittentemperatur, sondern die physikalisch korrekte integrale mittlere Wandtemperatur. Denn bei Verwendung der Wandmittentemperatur wird ein überhöhtes Delta T berechnet, mit dem bis zu 50% höhere Erschöpfungsgrade ermittelt werden. Das ist ein Beispiel dafür, dass durch eine konsequente realitätsnahe Berechnung gegenüber konservativen Verfahren das Phänomen der „scheinbaren Erschöpfung“ vermieden werden kann. Das ist notwendig, um weitere Flexibilisierungsschritte in der Anlage begründet einzuleiten. Das Ziel sollte nicht sein, die Bauteil-

erschöpfung so klein wie möglich zu halten, sondern gemäß der gegebenen Ausnutzungspotenziale eine gesteuerte Bauteilerschöpfung zu erzielen. Zu diesem Zweck können auch „Was-wäre-wenn-Analysen“ durchgeführt werden, bei denen für veränderte Betriebstransienten der entsprechende Fortschritt in der Bauteilausnutzung berechnet wird.

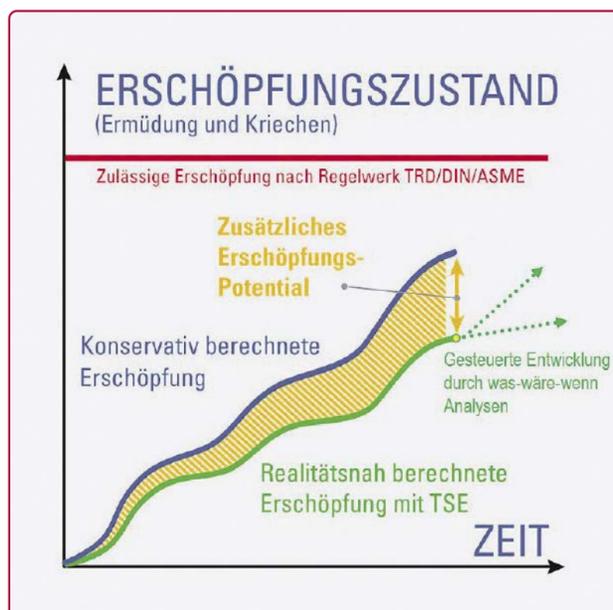
Praxisbeispiel: Zustandsbewertung am Spaltofen

TÜV Süd wurde beauftragt, eine Zustandsbewertung der Reaktorrohre eines Spaltofens vorzunehmen. Ein Spaltofen enthält Rohrschlangen von etwa 90 bis 120 mm Innendurchmesser und 60–80 m Länge, die sich in einem durch Brenner beheizten Feuerraum befinden. In den Öfen werden unter Zugabe von Prozessdampf durch Dampfspalten langkettige Kohlenwasserstoffe in kurzzeitige oder ungesättigte Kohlenwasserstoffe umgewandelt, die bspw. für die PVC-Herstellung benötigt werden. Die Prozesstemperaturen liegen mit ca. 850 °C sehr hoch.

Zunächst wurde evaluiert, welche Informationen zu den bisher aufgetretenen Bauteiltemperaturen vorlagen. Damit stand eine belastbare Datenbasis zur Verfügung, welches Bauteil wie lange welchen Temperaturen ausgesetzt war. Benötigt wurden ferner die Geometrie- und Materialdaten der Bauteile, die in der Errichtungsdokumentation des Betreibers standen. Im nächsten Schritt folgte eine vorläufige Sensitivitätsanalyse, um herauszufinden, welche Bauteile grundsätzlich einer fortschreitenden Schädigung durch Temperatur und Druck ausgesetzt waren. Für diese Bauteile wurde über die spezifische Auswertung der Temperatur- und Druckdaten unter Berücksichtigung der Geometrie- und Materialdaten mittels TSE der tatsächliche Schädigungsfortschritt berechnet. Die Ergebnisse lieferten nicht nur grundlegende Informationen zum Grad der Erschöpfung einzelner Bauteile, sondern auch zu Systemzuständen und Transienten, die für den Erschöpfungsfortschritt besonders relevant sind. Zudem erhielt der Anlagenbetreiber Vorschläge zur Verringerung der Belastungen der Bauteile und Empfehlungen für zustandsorientierte und regelwerkskonforme ZfP-Maßnahmen.

Franz Binder, Gruppenleiter
Rohrleitungssysteme und Lebensdaueranalysen, TÜV Süd Industrie Service, München

franz.binder@tuvsud.com
www.tuvsud.com/tse



Gesteuerte Erschöpfungsentwicklung auf Basis realitätsnaher Analysen.

KOLUMNE: INDUSTRIESERVICE



Wer soll das bezahlen?

Erinnern Sie sich noch an den Kölner Karnevalsbarde Jupp Schmitz? Wenn nicht, bestimmt aber an einen seiner größten Schlager: „Wer soll das bezahlen, wer hat soviel Geld?“ Wie damals, als der Text des Liedes eine Anspielung auf die durch die Währungsreform vom



Lothar Meier,
Stellv. Vorsitzender des
VAIS

Juni 1948 ausgelösten vorübergehenden Preissteigerungen war, erscheint auch heute die Antwort einfach: wir alle! Wie damals, wenngleich aus, wie sich später herausstellte, guten Gründen der Währungsreform, überstieg das Angebot und die Preise die Kaufkraft der Konsumenten. Jetzt sind corona- und kriegsbedingte Verknappung sowie Spekulation die Ursachen.

Doch heute wird gerne so getan als ob der Staat dies alles für den Bürger abfedern könnte. Mit dem Füllhorn der Lastenverschiebung auf die jüngeren Generationen werden Unterstützungen versprochen und wird versucht dem Bürger zu suggerieren, dass die in den Wertschöpfungsketten an den Endverbraucher weitergereichten Kosten ihn daher nicht so schlimm treffen werden. Entweder durch Verpflichtungen der Arbeitgeber, siehe z.B. Mindestlohn, oder auch direkt durch Steuererleichterungen und Ausgleichszahlungen. Damit wird die Preis-Lohnspirale eher weiter angeheizt und so erscheint das Versprechen unseres Finanzministers zur Wiedereinhaltung der Schuldenbremse in 2023 wohl eher wie das Pfeifen im Wald. Obwohl doch nach eigenem Bekunden der Antrieb der Partei des Ministers gerade die Zukunft ist.

Es wird Zeit, dass sich die Regierenden überlegen, wie sie langfristig mit Krisen umgehen. Niemand weiß wie lange die jetzige Krise dauert, die nächsten werden kommen. Wir können uns diese Schuldenpolitik auf Dauer nicht leisten. Dennoch und natürlich sind Zukunftsinvestitionen und auch Ausgaben für unsere Sicherheit essenziell. Die aktuelle Krise bedeutet daher Einschränkungen für uns alle. Und das muss dem Bürger ehrlich und direkt gesagt werden. Die sozial Schwächsten haben dabei ein Anrecht auf Unterstützung. Aber das vielfach verfolgte Gießkannenprinzip, ohne ernsthafte soziale Differenzierung, ist unsinnig.

Problematisch ist auch die Tendenz, pauschal „die Industrie“ in Haftung zu nehmen. Geradezu gefährlich sind mögliche Auswirkungen des Energiesicherungsgesetzes, wenn Energieimporteure und -händler im Falle von Knappheiten die Preiserhöhungen an ihre Kunden weitergeben und so Ihre Mehrkosten abwälzen dürfen. Hier muss der Gesetzgeber dafür sorgen, dass alle Beteiligten gleichermaßen Lasten zu tragen haben und nicht die vom Gas abhängige produzierende Exportindustrie und insbesondere der Mittelstand als Motor des BIP und der künftigen Steuereinnahmen einseitig in nicht reparabile wirtschaftliche Nöte getrieben werden. Das gilt auch für den Notfallplan Gas. Um es hart zu sagen, was nutzt eine warme Wohnung, wenn der Arbeitsplatz weg ist.

Die Situation vieler Mitglieder des VAIS, also klassischer Mittelstandsunternehmen, ist ohnehin derzeit schwierig genug. In der für die Branche typischen „Sandwich-Position“ zwischen Kunden und Lieferanten bzw. Subunternehmen, sind kaum noch langfristig gesicherte Verträge zu schließen. Preise und Lieferzeiten lassen sich nicht verlässlich vereinbaren und haben Halbwegszeiten von wenigen Tagen. Der schon länger bestehende Fachkräftemangel wird in der Krise noch deutlicher. In bestehenden Verträgen werden „Force Majeure-Klauseln“ auf eine schwer zu bestehende Prüfung gestellt. Zum Glück hat sich in vielen Fällen ein partnerschaftliches Vertrauensverhältnis aufgebaut, das in dieser Situation Gold wert ist. Nur miteinander im gegenseitigen Vertrauen können Lasten gestemmt werden. Das sollte auch die Politik wissen.

Insofern muss die von unserem Kanzler aufgerufene „Zeitenwende“ für die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Prozesse vor allem eine Rückbesinnung auf alte Tugenden sein: weg vom Egoismus hin zu mehr Solidarität, nicht nur Rechte sondern auch Pflichten, Mäßigung statt Maßlosigkeit, Innovationsfreude statt Technologiefeindlichkeit, gesunder Menschenverstand statt blinder Ideologie und ja, zur Zeit auch freiwillige Einschränkung wo immer es geht. Nur so bleibt die Rechnung bezahlbar.

Liebe Leser dieser Kolumne, zum Schluß noch ein persönliches Wort: Nach fast 40 Jahren in der Chemie und chemienahen Dienstleistungen, nach 10 Jahren Verbandsarbeit im WVIS und nun VAIS, wird dies hier heute meine letzte Kolumne sein. Ich verabschiede mich in den Ruhestand. Ich hoffe, ich konnte mit der Kolumne die eine oder andere Diskussion anregen oder einfach auch mal nur unterhalten. Auf alle Fälle vielen Dank für Ihr Interesse. Künftig werden sich an dieser Stelle auch weiterhin VAIS-Verantwortliche zu Wort melden.

Blieben Sie gesund, zuversichtlich und neugierig engagiert. Das sind Grundlagen für eine erfolgreiche Gestaltung der Zukunft. Alles Gute!

Ihr Lothar Meier,
Stellv. Vorsitzender des Vorstands,
Verband für Anlagentechnik und Industrieservice e.V. (VAIS),
Düsseldorf

Der Verband für Anlagentechnik und Industrieservice e.V. (VAIS), hat es sich zur Aufgabe gemacht, das breite Spektrum der Branche umfassend zu vermitteln, Kompetenzen zu bündeln und ein repräsentatives Branchenimage nach Außen zu tragen.

VAIS Verband für Anlagentechnik und Industrieservice e.V.,
Düsseldorf
info@vais.de
www.vais.de

VAIS
VAIS Verband für Anlagentechnik
und Industrieservice e.V.