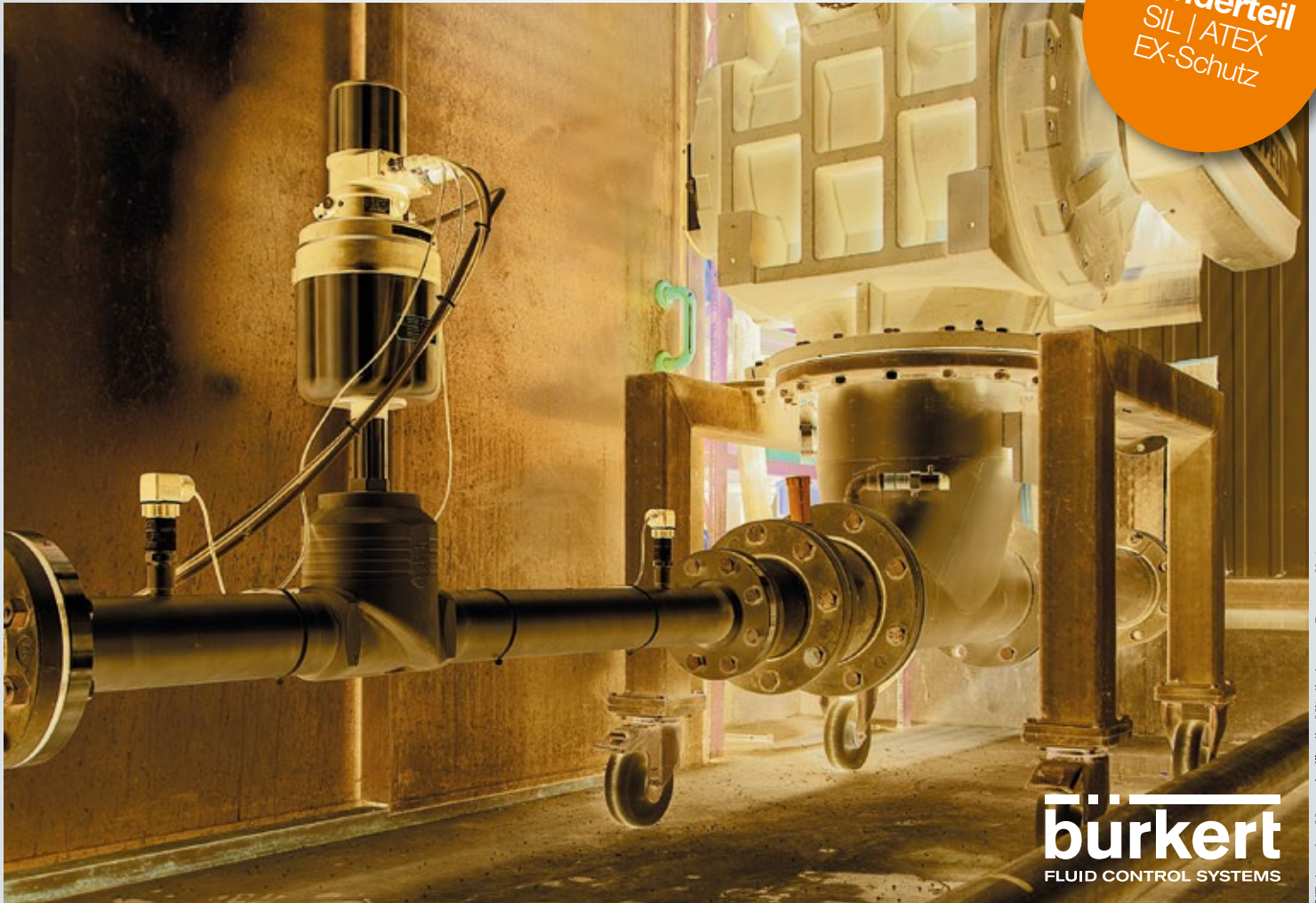


Sonderteil
SIL | ATEX
EX-Schutz
bürkert
 FLUID CONTROL SYSTEMS

CITplus, das Magazin für die Mitglieder von ProcessNet, wird herausgegeben von GDCh, Dechema und VDI-GVC

Titelstory:

Wiederholgenau

Durchflussregelung in pneumatischen Fördersystemen

- | | |
|--|--|
| 15 Prozessgüte überwachen | 34 Störungen im Ex-Bereich |
| 20 Hygienesicher: Ultraschallsensor | 37 SIL-Lösungen für Beheizungen im Ex-Bereich |
| 28 Dekanter-Tricanter-Kombination | 40 Sektornormen zur Prozesstechnik erklärt |
| 30 Permanente Prozessüberwachung | 42 Mobiles Arbeiten mit System |
| 32 Audits rund um die Druckluft | |

Prozessgüte überwachen

Mit **Clamp-On Sensorik Wärmeübertragerfouling ohne Betriebsunterbrechung detektieren**



Abb. 1a+b: Clamp-On Durchflussmessung (1a) an einem Doppelrohr-Wärmeübertrager (1b) (ADM WILD Europe)



M.Sc. David Dehler,
nivEx-Projektleiter F&E,
Adakom

Der volkswirtschaftliche Schaden von Wärmeübertragerfouling wird auf 0,25 % des BIP in industrialisierten Ländern geschätzt, was allein in Deutschland etwa 9 Mrd. EUR pro Jahr entspricht. In einer gemeinsamen Messkampagne des Instituts für Chemische und Thermische Verfahrenstechnik (ICTV) der TU Braunschweig und Adakom konnte bestätigt werden, dass Fouling in Wärmeübertragern mit mobiler Clamp-On-Sensorik detektiert werden kann.

Ziel der Untersuchung war es, die Clamp-On-Messtechnik auf ihre Foulingdetektionsfähigkeit und somit ihre Tauglichkeit zur Prozessgüteüberwachung zu überprüfen. Dafür wurden kontrollierte Betriebsbedingungen an einem Foulingprüfstand des ICTV eingestellt. Es wurden zwei baugleiche flüssig/flüssig Doppelrohrwärmeübertrager im Gegenstrom betrieben.

Als Referenz für die mobile Clamp-On-Technik diente die in der Anlage permanent installierte Inline-Messtechnik. Es zeigte sich, dass die Sensitivität des Clamp-On-Messsystems bei etwa $0,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ liegt und somit ausreichend hoch ist, um industrieübliche Foulingsschichten zu detektieren, die meistens eine Größenordnung höher liegen.

Vorteile des mobilen Clamp-On-Messsystems

Es wird eine mobile Clamp-On Wärmemengenmessung basierend auf Clamp-On Durchflussmessung und Clamp-On Temperaturmessung eingesetzt. Die Vorteile der Clamp-On Messtechnik sind zahlreich: Durch Anklammerung von außen an das Rohr findet keine Verunreinigung

der Medien statt, es bedarf keiner Rohrarbeiten und somit kommt es für die Installation auch nicht zu Betriebsunterbrechungen. Außerdem verursacht die Messung keine zusätzlichen Druckverluste oder sonstigen Störungen im Anlagenbetrieb. Nahezu an allen industriellen Flüssigkeiten und Gase sowie Rohrmaterialien und -durchmesser (10 mm ... 6,5 m) kann mit der Clamp-On-Technik gemessen werden. Fließgeschwindigkeiten von 0,01 m/s bis 35 m/s können gemessen werden. Die Technik ist Ex-Schutz zertifiziert und auch bei extremen Rohrwandtemperaturen (von -200 °C bis +650 °C) einsetzbar. Die Durchflussmessung bei Flüssigkeiten mit Ultraschall ist druckunabhängig und unempfindlich gegenüber Druckstößen. Neben der Ultraschall-Clamp-On-Technik für die Durchflussmessung kommen Rohranlegtemperaturfühler zum Einsatz, die mit einer Isolierung von Umgebungseinflüssen entkoppelt werden.

Clamp-On Sensorik unterliegt oftmals höheren systematischen Messabweichungen als Inline-Geräte mit z.B. vorkonditionierten Strömungsprofilen. So nehmen marktverfügbar Ultraschall-Durchflussmessgeräte (USD) immer ein ideal rotationssymmetrisches Strömungsprofil am Messort an, was Einlaufstrecken von 20–100 Durchmessern je nach vorgelagerter Störung entspricht. Häufig sind in Industrieanlagen diese von USD-Herstellern empfohlenen Ein- und Auslaufstrecken nicht verfügbar, weshalb hier mit nicht-rotationssymmetrischen und rotationsbehafteten Strömungsprofilen zu rechnen ist. Aber auch ausgebildete Strömungsprofile nicht-newtonscher Flüssigkeiten können zu systematischen Messabweichungen führen. Marktverfügbare Clamp-On Temperatursensoren geben ihre Eigentemperatur statt der Mediumstemperatur aus.

Kompensation systematischer Störeinflüsse

Um unter praxisüblichen Messbedingungen trotzdem belastbare Clamp-On Durchfluss- und Temperaturmessungen zu erhalten, entwickelt Adakom derzeit in Zusammenarbeit mit der Physikalisch Technischen Bundesanstalt und der TU Berlin im BMWi-Projekt „nivEx“ neuartige Korrekturalgorithmen zur Kompensation systematischer Störeinflüsse auf Clamp-On Durchfluss- und Temperaturmessungen. Hierbei werden systematische Messabweichungen bei der Durchflussmessung von Flüssigkeiten, die durch typische Störstellen (Rohrbogen, Raumkrümmer, T-Stück etc.) verursacht werden, systematisch korrigiert. Durch die Anwendung physikalisch begründeter Modelle kann stets auf die Mediumstemperatur geschlossen werden. Dies ist bspw. bei besonders dynamischer Temperaturverläufe wie beim An-/Abfahren oder Lastpunktwechsel wichtig, weil durch die thermische Trägheit des Rohrsys-

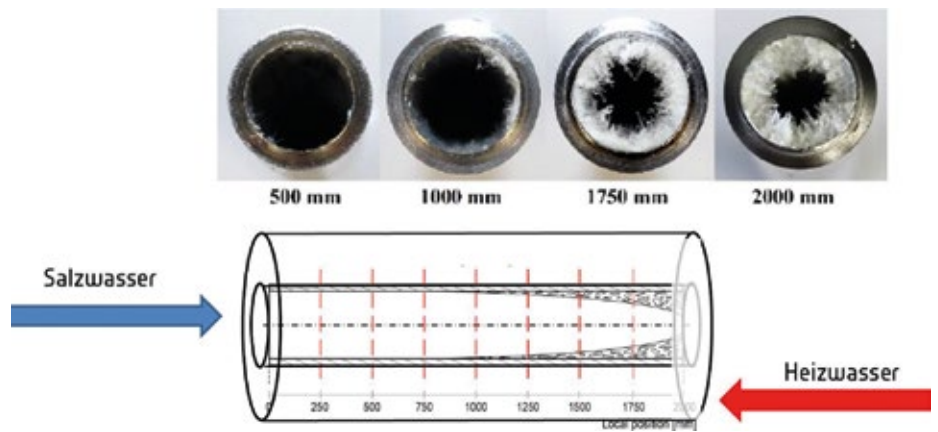


Abb. 2: Rohrsegmentschnitte des Innenrohrs mit Salzkrystallen und schematische Darstellung des Foulingaufbaus über die Rohrlänge

tems der Anlegtemperatursensor zeitlich verzögert die Änderung der Mediumstemperatur wiedergibt. Durch das von der PTB metrologisch validierte Expertensystem für den Aufbau und die Auswertung der Clamp-On-Messung wird eine erhöhte Belastbarkeit und Präzision der Clamp-On-Messungen erreicht.

Neben der Clamp-On Temperatur- und Durchflussmessung enthält das nivEx-Messsystem auch Sensorik für Druck(differenz)messungen. Weitere Messgrößen (z.B. Vibration, elektr. Leistung, Leitfähigkeit, pH-Wert) können bei Bedarf erfasst werden. Das nivEx-Loggersystem erlaubt zudem das synchrone Loggen von Anlagendaten und mobiler Sensorik. Durch Abgleich der Anlagensensorik mit der temporär installierten mobilen Sensorik können so frühzeitig Fehler in der Anlagensensorik detektiert werden. Außerdem ist das Messsystem durch seine OPC-UA-Funktionalität schon jetzt Industrie-4.0-kompatibel und bedient hierüber hinaus alle üblichen Bus-Schnittstellen. Das mobile Messsystem ist weltweit sehr schnell einsetzbar und durch einen modularen Aufbau beliebig skalierbar. Auch für örtlich stark verteilte Wärmübertragernetzwerke sind synchronisierte Messungen problemlos möglich.

Die Messung kann sofort ab Messstart aus der Ferne überwacht werden und ist durch eine Cloud-Funktionalität weltweit auf beliebigen Endgeräten mit einem Internetbrowser beobachtbar. Es können neben den Messdaten auch Analysedaten (KPI etc.) zur sofortigen Bewertung des Live-Betriebs ermittelt und visualisiert werden. Durch Kombination der Messdaten mit hochauflösenden thermohydraulischen Modellen der Wärmeübertrager können weitreichende Betriebsoptimierungsanalysen unmittelbar durchgeführt werden. Mögliche Analysen sind bspw. Performance-Überprüfung und -Optimierung während einer Inbetriebnahme (Auslegung vs. Ist-Performance), hydraulischer Abgleich (betriebsmittelseitig) oder Performance-Prognosen für Betriebspunkt-,

Medien- oder Apparatewechsel (Retrofit). Im Rahmen von Feldtests wurden bereits Optimierungsanalysen für Kältezentralen, Eisspeicher, Luftzerlegungsanlagen und Pasteurisationsanlagen erfolgreich durchgeführt.

Versuchsaufbau und -durchführung am ICTV

In dem Fouling-Versuchsstand des ICTV werden zwei baugleiche flüssig/flüssig Doppelrohr-Wärmeübertrager (WÜ1 und WÜ2) mit Wasser auf der heißen Seite (Betriebsmittel) und einer wässrigen Salzlösung auf der kalten Seite (Prozessseite) im Gegenstrom betrieben (s. Abb. 2). Die eingesetzte Inline-Mess-technik besteht aus magnetisch induktiven Durchflussmessgeräten (MID) für die Prozessmedium- und Betriebsmitteldurchflüsse, vier Typ K Thermoelementen an den vier Wärmeübertrager-Ein- und Ausgängen sowie einem Differenzdrucksensor, welcher prozessseitig angeschlossen ist. Die eingesetzte, portable Clamp-On-Mess-technik umfasste pro Wärmeübertrager vier Ultraschall-Durchfluss-Kanäle und acht Anlegtemperatursensoren, d.h. sowohl die Temperatur- als auch die Durchflusssensoren wurden redundant angebracht.

Der Versuch lief kontinuierlich über etwa drei Tage (80 Stunden). Nach Aufheizen des Systems erfolgte prozessseitig die Salzzugabe. Aufgrund der mit der Temperatur sinkenden Löslichkeit der Salze wächst im Laufe der Zeit eine Kristallisationsfoulingsschicht im Innenrohr, wie in Abb. 2 zu sehen. Diese Salzschrift vermindert den Wärmedurchgang und erhöht den prozessseitigen Druckverlust. Es wurde einmal am Tag Salz nachdosiert, um die Anfangssalzkonzentration wieder einzustellen.

Die Kalibrierung der Clamp-On-Temperatursensoren erfolgte separat an einem nivEx-Prüfstand der TU Berlin nach einem nivEx-eigenen Verfahren unter vergleichbaren Einsatzbedingungen an einem temperierten Rohr, da es keine Vorschriften zur Kalibrierung

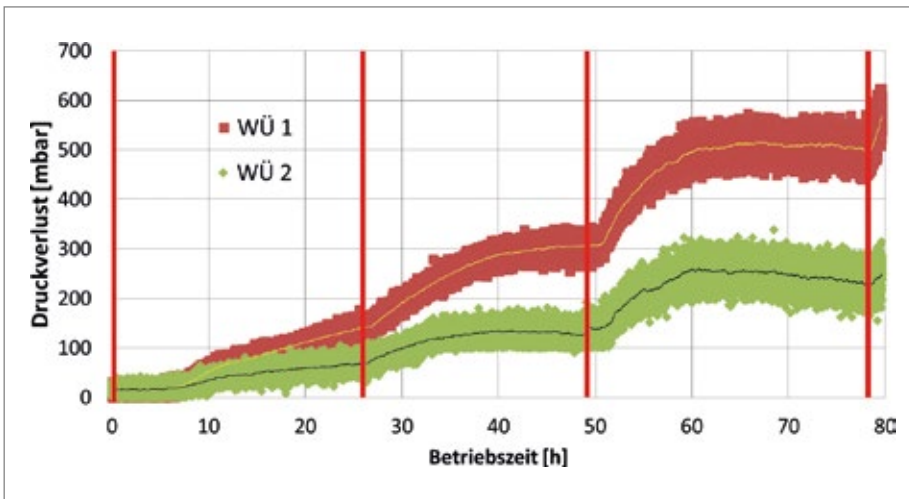


Abb. 3: Prozessseitiger Druckverlustverlauf und dessen gleitender Mittelwert für die Wärmeübertrager WÜ1 und WÜ2. Rote Linien markieren Zeitpunkte der Salzzugabe

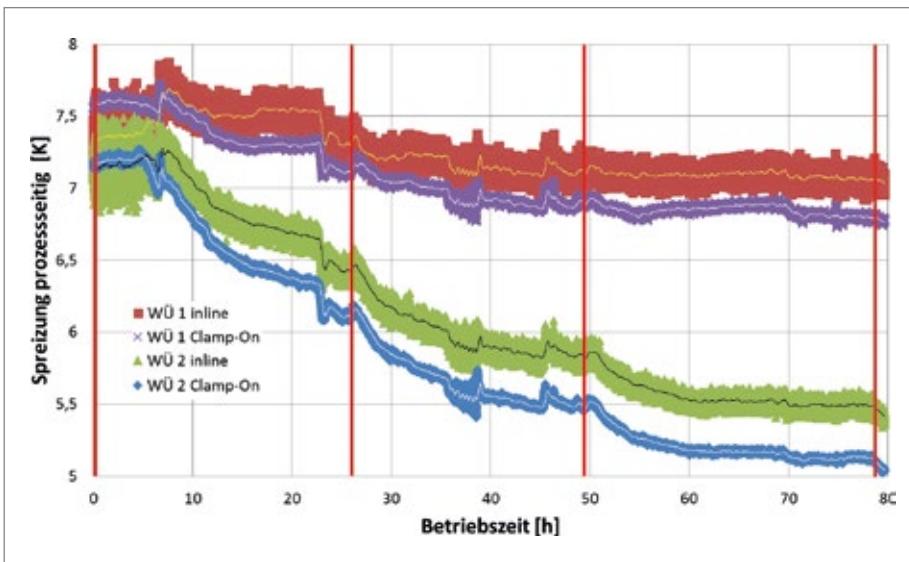


Abb. 4: Vergleich der prozessseitigen Temperaturspreizungen (Differenz von Austrittstemperatur und Eintrittstemperatur) der Clamp-On-Sensorik mit der Inline-Sensorik für die Wärmeübertrager WÜ1 und WÜ2. Darstellung enthält neben Messwerten auch deren gleitenden Mittelwert. Rote Linien markieren Zeitpunkte der Salzzugabe

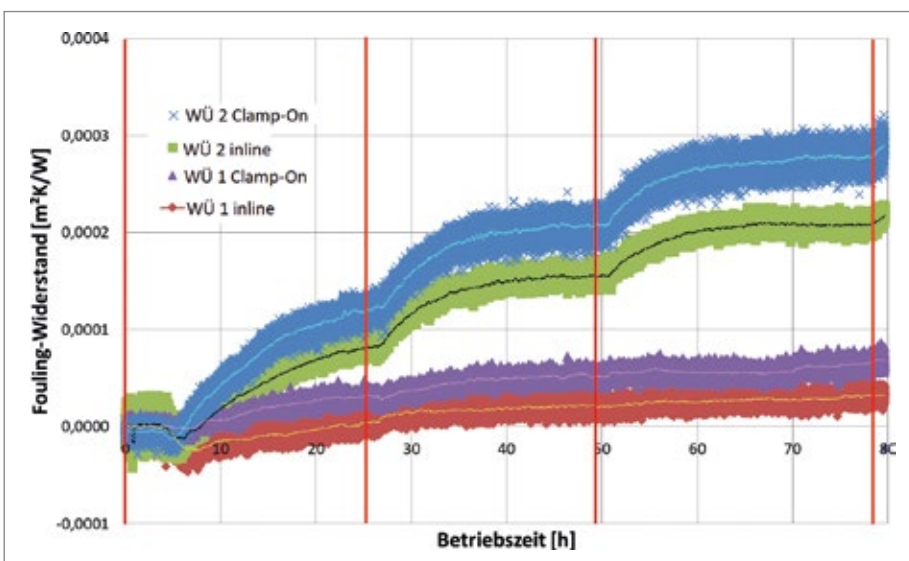


Abb. 5: Vergleich der Foulingwiderstände bei Berechnung über Clamp-On-Daten und Berechnung über Inline-Daten für die Wärmeübertrager WÜ1 und WÜ2

von Clamp-On-Temperatursensoren gibt. Die nivEx-Korrekturalgorithmen kamen bei dieser Messkampagne noch nicht zum Einsatz. Die im Folgenden gezeigten Ergebnisse basieren also auf den genannten Messgrößen, die mit dem aktuellen Stand marktverfügbarer Technik ermittelt worden.

Ergebnisse

Abbildung 3 zeigt den prozessseitigen Druckverlustverlauf, aufgetragen über der Betriebszeit. Die vertikalen roten Linien markieren die Zeitpunkte der Salzzugabe. Der Versuch startet mit der ersten Salzzugabe. Es zeigt sich ein deutlicher quantitativer Unterschied zwischen dem Druckverlustaufbau in beiden Wärmeübertragern, der auf ein unterschiedliches Aufwachsen von Fouling schließen lässt.

Abbildung 4 zeigt die Zeitreihen der prozessseitigen Spreizungen (Temperaturdifferenz zwischen Austritts- und Eintrittstemperatur der Salzwasser-Seite) in den beiden Wärmeübertragern, die jeweils mit Inline- und mit Clamp-On-Sensorik ermittelt wurden. Die Salzlösung wurde bei Versuchsbeginn um etwa 7,5 K beim Durchströmen des Innenrohrs erwärmt. Der Abfall der prozessseitigen Temperaturspreizungen mit der Versuchsdauer lässt den verringerten Wärmedurchgang aufgrund des ansteigenden Foulingwiderstandes erkennen. Der mit der Clamp-On-Sensorik gemessene Temperaturabfall liegt qualitativ ab Stunde 10 in Übereinstimmung mit dem Verlauf der Inline-Sensorik. Bemerkenswert ist die Überschneidung der Clamp-On Daten mit den Inline-Daten innerhalb der ersten 10 Versuchsstunden. Besonders deutlich ist dies beim WÜ1 aufgetreten. Dies könnte auf Foulingvorgänge an der Inline-Sensorik, insbesondere am Prozessmediumaustritt, hinweisen. In vergleichbaren Anwendungsfällen wäre dann die Verwendung von Clamp-On-Temperatur-Sensorik in foulinggefährdeten Prozessen vorteilhaft.

Abbildung 5 zeigt den zeitlichen Verlauf des integralen Foulingwiderstandes im Vergleich zwischen Inline-Sensorik und Clamp-On-Sensorik für die beiden Wärmeübertrager. Der Foulingwiderstand ist definiert als

$$R_f = \frac{1}{k_f} - \frac{1}{k_c} = \sum_i \frac{\delta_{f,i}}{\lambda_{f,i}}$$

Hierbei sind k_f und k_c die Wärmedurchgangskoeffizienten im mit Fouling betroffenen Zustand (f: foul) und im sauberen Zustand (c: clean). Der Foulingwiderstand lässt sich außerdem über das Verhältnis der Wärmeleitfähigkeit $\lambda_{f,i}$ und der entsprechenden Schichtdicke $\delta_{f,i}$ einer Foulingschicht berechnen.

Wie erwartet, ist ein deutlicher Anstieg des Foulingwiderstandes erkennbar. Zusätzlich lässt sich die Salzzugabe mit einer geringen Verzögerung an dem Sprungantwortverhalten in beiden Wärmeübertragern beobachten. Die mit Clamp-On Sensorik ermittelten Foulingwiderstände liegen quantitativ bei beiden Apparaten über den mit Inline-Sensorik ermittelten Widerständen. Bemerkenswert ist hier, dass der thermische Foulingwiderstand im WÜ2 größer ist, während der Druckverlust für den WÜ1 größer ist als für den WÜ2 (vgl. Abb. 3). Dies könnte dadurch bedingt sein, dass es im WÜ1 zu einer lokalisierten Kristallbildung gekommen ist, die den Effekt einer Drosselblende hat, während über die Lauflänge des WÜ1 bessere Wärmetransportbedingungen herrschten als im WÜ2. Wenn diese Hypothese zutreffend sein sollte, hätte ein allein über den Druckverlust ermitteltes Fouling hier also zu der falschen Schlussfolgerung geführt, dass sich im WÜ1 ein global betrachtet höherer Foulingwiderstand aufgebaut hat.

Abschließend wurde eine Messunsicherheitsbetrachtung durchgeführt, um die Sensitivität der Clamp-On-Messung für eine Foulingwiderstand-Detektion zu beurteilen. Die Sensitivität des Clamp-On-Messsystems wurde mit $0,5 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ für den WÜ2 und $0,2 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ für den WÜ1 abgeschätzt. Ein Vergleich mit typischen Foulingwiderständen (VDI-Wärmeatlas) zeigt, dass mit der Clamp-On-Messtechnik Fouling daher wahrscheinlich auch in vielen anderen Stoffsystemen detektiert werden kann, weil diese für technische Systeme meistens eine Größenordnung höher als $10^{-5} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ liegen. Selbst die geringsten Foulingwiderstände bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten (Meerwasser, besonders hartes Wasser, organische Dämpfe) nehmen gemäß VDI-Wärmeatlas Werte um die $0,9 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ an und sind somit größer als die Sensitivität des Messsystems.

Fazit und mögliche Einsatzbereiche

Für das hier untersuchte System kann man schlussfolgern, dass Fouling mit marktverfügbarem Clamp-On-Sensorik mit einer ausreichend hohen Sensitivität detektiert werden kann. Die Messtechnik erlaubt damit im Betrieb eines Wärmeübertragers ein qualitatives Monitoring der Verminderung des Wärmedurchgangs und damit des Foulingaufbaus. Quantitativ zeigen sich deutliche Unterschiede zu mittels Inlinemesstechnik ermittelten Foulingwiderständen. Mittels marktverfügbare Clamp-On-Messtechnik bestimmte Foulingwiderstände können damit wahrscheinlich nicht

ohne weiteres als Grundlage einer Dimensionierung oder Leistungsbewertung von fouling-belegten Wärmeübertragern genutzt werden. Durch den Einsatz der nivEx-Korrekturalgorithmen erwarten die Autoren eine deutliche Reduktion der quantitativen Diskrepanzen. Dies sowie die Überprüfung der oben formulierten Hypothese zur Ursache der gegensätzlichen Verläufe von Druckverlust und Foulingwiderstand werden Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Außerdem sollen weitere Wärmeübertragerbauformen, -betriebsbedingungen, Stoffsysteme, Foulingmechanismen und Prozesse mit Phasenwechsel untersucht werden.

Kooperationen gesucht

Betreiber einer Anlage mit Fouling-Fragestellungen sind eingeladen, Kontakt mit den Autoren aufzunehmen, um zu sondieren, ob z.B. im Rahmen eines Forschungsprojektes eine genauere Untersuchung Ihres Systems mit anschließender Optimierungsanalyse interessant ist. Ziel ist es, möglichst viele Industrienachweise für die Methodik für unterschiedlichste Prozesse zu erbringen. Besonders interessante Industrien sind hierbei Öl/Gas, Chemie, Pharma und Food.

Co-Autoren:

M.Sc. Adrián Alarcón,
nivEx-Projekttingenieur, Adakom, Berlin

Dipl. Ing. Florian Schlüter,
Wiss. Mitarb. ICTV, TU Braunschweig

Dipl.-Ing. Oliver Buchin,
Wiss. Mitarb. FG Maschinen- und Energieanlagentechnik, Fak. III, TU Berlin

Dr.-Ing. Wolfgang Augustin,
Akad. Direktor ICTV, Leiter AG „Fouling und Reinigung“, TU Braunschweig

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Kontakt

Adakom GmbH, Berlin
M.Sc. David Dehler
Tel.: +49 30 4775 7781
david.dehler@adakom.de · www.adakom.de

Adakom

Adakom entwickelt seit 1998 Software für die thermohydraulische und konstruktive Auslegung von Wärmeübertragern. Zu den Kunden zählen führende Wärmeübertragerhersteller wie Kelvion, Gesmex oder WCR. Seit 2018 bietet das Berliner Unternehmen außerdem Mess- und Engineeringdienstleistungen für die Betriebsoptimierung von Wärmeübertragern und deren Netzwerke an.

www.adakom.de

ICTV

Das Institut für Chemische und Thermische Verfahrenstechnik der TU Braunschweig bearbeitet grundlagen- wie anwendungsbezogene Forschungsfragestellungen in den Forschungsgebieten Nachhaltige Produktionstechnologien, Innovative Apparate- und Anlagentechnik, Fouling und Reinigung, Pharmazeutische und Biotechnologische Prozesse sowie Pharmazeutisch-Chemische Reaktionstechnik.

www.tu-braunschweig.de/ictv

ETA

Am Institut für Energietechnik Maschinen- und Energieanlagentechnik der TU Berlin wird sowohl grundlagen- als auch anlagentechnisch orientierte Forschung in den Bereichen Wärme- und Stofftransport, alternative Kälteerzeugung (insbesondere Absorptionskälteanlagen) sowie Energiespeicherung und Wärmerückgewinnung betrieben.

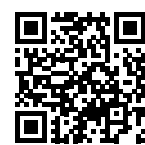
www.eta.tu-berlin.de/

nivEx

BMW- Forschungsprojekt:
Förderkennzeichen: 03ET1344 A1/B/C
http://bit.ly/bmwi_Forschungsprojekt



http://bit.ly/bmwi_heatpumps



Informationen zum Prüfstand

http://bit.ly/heatexchanger_fouling

Adakom	15	Echterhage Holding	50	HS- Umformtechnik	49	Pepperl+Fuchs	23, 40
Afriso	23	EGE-Elektronik Spezial-Sensoren	22	IEP Technologies	39	ProcEng Moser	49
AirCom	23	Endress+Hauser Messtechnik	8, 11, Beihefter	InfraServ Gendorf	11	RCT Reichelt Chemietechnik	5, 49
Aldak	49	Envirotec	50	Ing.- Büro Pierre Strauch	50	Rembe Safety + Control	3, 11
Alino Industrieservice	49	Findeva	49	Ing. Ph. J. Daum Emarei Safety Tools	47	Retsch	23
Almatec Maschinenbau	10	Flexim – Flexible Industriemesstechnik	22	Jessberger	35, 36, 49	Ruwac Industriesauger	48
Analytical Industries	23	Flottweg	28, 50	Jumo	37	Setra	23
AS – Armaturenfabrik Franz Schneider	10	Flowserve Flow Control	49	Kimberly-Clark Professional	46	Siemens	44
Atago	23	Fluke	23	Klinger	27	T.A. Cook & Partner Consultants	10, 8
Atlas Copco Kompressoren und Drucklufttechnik	33	Frenzelit	26	Knick	23	Technische Akademie Wuppertal	8
Aucotec	10	G+E GETEC Holding	12	KSB	49, 4. US	Trebing & Himstedt	23
Bartec	42	GDCh – Gesellschaft Deutscher Chemiker	8, 9	Lewa	30	Uracca	12
Bayer	6	GEA	23	Linde	6	Vareta	23
Beckhoff	23	GEMÜ Gebr. Müller Apparatebau	49, 50	LUM	9	VDI – Verein Dt. Ingenieure	6
Beko Technologies	12	GIG Karasek	50	Lutz Pumpen	49	VDI Wissensforum	8
Bilfinger	10	Goudsmit Magnetic Systems	49	Microsonic	20	Vega Grieshaber	25
Böck Staubschutzsysteme	45	GVT – Forschungs-Gesellschaft Verfahrenstechnik	8	MT- Messe & Event	8	Venjakob Umwelttechnik	50
Boge Kompressoren – Otto Boge	10, 32	Hamilton Bonaduz	12, 50	Müller Quadax	27	Vogelbusch	49
Bürkert	Titel, 13	Haus der Technik	2. US, 8	Namur	9	Wago	23
Comsol Multiphysics	23	Haver & Boecker	11	Netzsch Pumpen & Systeme	31	WeylChem International	24
Delphin Technology	23	Honeywell	10	Nivus	19	Wika	23, 39
Denios	47	Horst Weyer & Partner	11	NürnbergMesse	11	Will & Hahnenstein	50
Easyfairs Deutschland	8, 9, Beilage			Optris	23	WK Wärmetechn. Anlagen	
Easyfairs Switzerland	8			Palas	23	Kessel- u. Apparatebau	50
						Wolftechnik	25

Impressum

Herausgeber

GDCh, Dechema e. V., VDI-GVC

Verlag

Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
 Boschstraße 12, 69469 Weinheim
 Tel.: 06201/606-0, Fax: 06201/606-100
 citplus@wiley.com, www.gitverlag.com

Geschäftsführer

Sabine Steinbach
 Dr. Guido F. Herrmann

Director

Roy Opie

Publishing Director

Dr. Heiko Baumgartner

Chefredakteur

Wolfgang Sieß
 Tel.: 06201/606-768
 wolfgang.sieess@wiley.com

Redaktion

Dr. Michael Reubold
 Tel.: 06201/606-745
 michael.reubold@wiley.com

Dr. Volker Oestreich
 voe-consulting@web.de

Redaktionsassistentin

Bettina Wagenhals
 Tel.: 06201/606-764
 bettina.wagenhals@wiley.com

Fachbeirat

Prof. Dr. techn. Hans-Jörg Bart,
 TU Kaiserslautern
Dr. Jürgen S. Kussi,
 Bayer, Leverkusen
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Peukert,
 Universität Erlangen-Nürnberg
Prof. Dr. Thomas Hirth,
 Karlsruhe Institute of Technology (KIT),
 Karlsruhe
Prof. Dr. Ferdi Schüth, Max-Planck-Institut
 für Kohlenforschung, Mülheim
Prof. Dr. Roland Ulber, TU Kaiserslautern
Dipl.-Ing. Eva-Maria Maus,
 VTU Engineering Schweiz, Muttanz/CH
Dr.-Ing. Martin Schmitz-Niederau,
 Uhde, Dortmund
Dr. Hans-Erich Gasche,
 Bayer Technology Services, Leverkusen

Erscheinungsweise 2019

10 Ausgaben im Jahr
 Druckauflage 20.000
 (IVW Auflagenmeldung
 Q3 2018: 19.938 tvA)



Bezugspreise Jahres-Abonnement 2019

10 Ausgaben 225 €, zzgl. MwSt.
 Schüler und Studenten erhalten
 unter Vorlage einer gültigen
 Bescheinigung 50% Rabatt.
 Im Beitrag für die Mitgliedschaft bei der
 VDI-Gesellschaft für Chemieingenieur-
 wesen und Verfahrenstechnik (GVC) ist
 der Bezug der Mitgliederzeitschrift
 CITplus enthalten.
 CITplus ist für Abonnenten der Chemie
 Ingenieur Technik im Bezugspreis enthal-
 ten. Anfragen und Bestellungen über den
 Buchhandel oder direkt beim Verlag (s.o.).

Wiley GIT Leserservice

65341 Eltville
 Tel.: +49 6123 9238 246
 Fax: +49 6123 9238 244
 E-Mail: WileyGIT@vuserice.de
 Unser Service ist für Sie da von Montag
 bis Freitag zwischen 8:00 und 17:00 Uhr

Abbestellung nur bis spätestens
 3 Monate vor Ablauf des Kalenderjahres.

Produktion

Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
 Boschstraße 12
 69469 Weinheim

Bankkonto

J.P. Morgan AG, Frankfurt
 Konto-Nr.: 61 615 174 43
 BLZ: 501 108 00
 BIC: CHAS DE FX
 IBAN: DE55 5011 0800 6161 5174 43

Herstellung

Jörg Stenger
 Melanie Horn (Anzeigen)
 Elli Palzer (Litho)
 Andreas Kettenbach (Layout)

Anzeigen

Zurzeit gilt die Anzeigenpreisliste
 vom 1. Oktober 2018

Roland Thomé (Leitung)
 Tel.: 06201/606-757
 roland.thome@wiley.com

Thorsten Kritzer
 Tel.: 06201/606-730
 thorsten.kritzer@wiley.com

Marion Schulz
 Tel.: 06201/606-565
 marion.schulz@wiley.com

Sonderdrucke

Bei Interesse an Sonderdrucken,
 wenden Sie sich bitte an Corina Matz,
 cmatz@wiley.com oder
 http://bit.ly/Sonderdrucke.

Originalarbeiten

Die namentlich gekennzeichneten Beiträge stehen
 in der Verantwortung des Autors. Manuskripte
 sind an die Redaktion zu richten. Hinweise für
 Autoren können beim Verlag angefordert werden.
 Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte
 übernehmen wir keine Haftung! Nachdruck, auch
 auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redakti-
 on und mit Quellenangaben gestattet.
 Dem Verlag ist das ausschließliche, räumliche und
 inhaltlich eingeschränkte Recht eingeräumt, das
 Werk/den redaktionellen Beitrag in unveränderter
 oder bearbeiteter Form für alle Zwecke beliebig
 oft selbst zu nutzen und Unternehmen, zu denen
 gesellschaftsrechtliche Beteiligungen bestehen,
 sowie Dritten zur Nutzung zu übertragen. Dieses
 Nutzungsrecht bezieht sich sowohl auf Print- wie
 elektronische Medien unter Einschluss des Internet
 wie auch auf Datenbanken/Datenträger aller Art.

Alle in dieser Ausgabe genannten und/oder
 gezeigten Namen, Bezeichnungen oder Zeichen
 können Marken ihrer jeweiligen Eigentümer sein.

Unverlangt zur Rezension eingegangene Bücher
 werden nicht zurückgesandt.

Druck

pva, Druck- und Medien, Landau
 Printed in Germany | ISSN 1436-2597

