

INSTITUT FÜR APPARATE- UND UMWELTECHNIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg
Tel. +49 (0)391 67 18573, Fax +49 (0)391 67 12129
iaut@vst.uni-magdeburg.de

1. Leitung

Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Krause (geschäftsführender Leiter)
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Lothar Mörl
Prof. Dr.-Ing. habil. Heinz Köser
Jun.-Prof. Dr.-Ing. Marcus Marx
Christine Bohnet (beratend)

2. Hochschullehrer

Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Krause
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Ulrich Hauptmanns (im Ruhestand)
Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Lothar Mörl
Prof. Dr.-Ing. habil. Heinz Köser
Jun.-Prof. Dr.-Ing. Marcus Marx
Prof. i. R. Dr.-Ing. habil. Peter Käferstein
Doz. i. R. Dr.-Ing. Gerhard Krüger

3. Forschungsprofil

1. Einsatz von verschiedenen Brennstoffen in Wirbelschichten zur Vergasung und zur emissionsarmen Verbrennung in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut IFF Magdeburg
 - Untersuchung des Abbrand- und Emissionsverhaltens von festen Brennstoffen in Wirbelschichtfeuerungen
 - Untersuchung der Verbrennungsbedingungen, wie Brennkammertemperatur, Luftverhältnis und Luftführung, Additivzugabe und Optimierung aus verbrennungs- und emissionstechnischer Sicht
 - Schadstoffbildungsmechanismen, insbesondere die NO_x-Bildung
 - Wirbelschichtvergasung von biogenen Brenn- und Abfallstoffen zur Erzeugung eines in Gasmotoren nutzbaren Brenngases
 - Wirtschaftlichkeit der energetischen Nutzung von Biomassen
2. Minimierung der NO_x-Emissionen von gasbefeuerten Heizkesseln und thermisch hochbelasteten Feuerräumen
 - Entwicklung NO_x-armer Gasbrenner (Patent: COSTAIR-Brenner)
 - Optimierung von Brenner-Feuerraum-Geometrien durch Computersimulationen mittels 3-D-Komplexmodellen (FLUENT, PHOENICS)
 - Verbesserung der Verbrennungs-, Wärmeübertragungs- und NO-Bildungs-Modellierung
3. Experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Wirbelschichtbehandlung (Trocknen, Granulieren, Agglomerieren, Coating, Rösten) von feststoffhaltigen Flüssigkeiten und körnigen Substanzen im Luft- und Heißdampfstrom
 - Nutzung von DEM-Simulationen zur Analyse der Fluidodynamik bei gleichzeitiger Granulation in einer blasenbildenden Wirbelschicht
 - Nutzung von DEM-Simulationen zur Analyse der Fluidodynamik in der Strahlschicht

- Einsatz von faseroptischen Messverfahren in Wirbelschichten
 - Nichtlineare Dynamik der kontinuierlichen Wirbelschicht-Bindestrich-Sprühgranulation
 - Regelungskonzepte für kontinuierliche Wirbelschicht-Sprühgranulationsanlagen
 - Deformations- und Bruchverhalten von kugelförmigen Granulaten bei Druck- und Stossbeanspruchung: Experiment und DEM-Simulation
 - Modellierung der Temperatur- und Konzentrationsfelder sowie die Aufstellung von Populationsbilanzen in flüssigkeitsbedühten Wirbelschichten an Versuchsanlagen DN 1500, 400 und 200
 - Modellierung diskontinuierlich ablaufender Prozesse in der Wirbelschicht (Aufheizen, Rösten, Kühlen, Trocknen) mit dem Fluidisierungsmedium Heißdampf und Luft
 - Modellierung des Prozesses der SO₂-Absorption in der Wirbelschicht und die experimentelle Verifizierung an der WS-Anlage DN 400
 - Modellierung des Zerfallsverhaltens von Partikeln in Wirbelschichten
 - Entwicklung neuer Strahlschichtapparaturen
 - Wirbelschicht-Verfahren zur schonenden Gewinnung pflanzlicher Wirkstoffe durch Anwendung tiefer Temperaturen
 - Untersuchungen zur Adsorption für die Trocknung temperaturempfindlicher Produkte (auch unter Vakuum)
 - Wirbelschicht-Extraktion von ätherischen und fetten Ölen
 - Experimentelle Untersuchung von membrangestützten Wirbelschicht-Reaktoren mit Katalysatoren
 - Untersuchung von Prozessen der Kaffeeröstung, -kandierung und -kühlung in der Wirbelschicht hinsichtlich Emissionen und Anlagenoptimierung
 - Durchführung von experimentellen Untersuchungen zur Trocknung, Granulation, Agglomeration und zum Coating im Industriauftrag
 - Entwicklung neuer Trocknungsverfahren mit interner Kälteerzeugung
4. Instrumentelle Schadstoffanalytik und Emissionsmesstechnik
5. Anlagensicherheit
- Unsicherheiten bei Ingenieurberechnungen
 - Entwicklung von Verfahren zur Beurteilung von Sicherheitsmanagement und -kultur
 - Probabilistische Methoden der Sicherheitsanalyse
 - Störfallfrüherkennung
 - Schnittstelle Mensch/Maschine
 - Experimentelle Ermittlung von Sicherheitskenndaten
 - Versorgungs- und Handhabungssicherheit dezentraler Elektroversorgungssysteme
 - Modellierung von Explosionen
 - Früherkennung von CO-Spitzen in Abgasen
 - Theoretische und experimentelle Arbeiten zur passiven Sicherheit

4. Kooperationen

- Dräger Safety AG & Co. KGaA
- Glatt Ingenieurtechnik GmbH

5. Forschungsprojekte

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Lothar Mörl
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Bert Lemin, Dr.-Ing. Eyck Schotte
Förderer: BMWi/AIF; 01.01.2007 - 30.06.2011

Biobrennstoffdesign mit Mischungen aus landwirtschaftlichen Reststoffen unter Berücksichtigung der Austauschbarkeit der Brennstoffkomponenten nach regionalem Aufkommen und der endnutzung in kleinen Anlagen

Das Teilprojekt Konversionsanalyse gliederte sich in die Teilgebiete Brennstoffanalyse und Konversionsanalyse. Im Teilgebiet Brennstoffanalyse wurden allgemeine Brennstoffanalysen durchgeführt. Die Ergebnisse bildeten die Grundlagen für die Auswahl der Brennstoffe und die Wahl der Zusammensetzung der Brennstoffmischungen. Die Untersuchungen zur Zusammensetzung wurden ergänzt durch die Bestimmung des Ascheerweichungsverhaltens mittels Ascheschmelzpunktmikroskops. Im Teilgebiet Konversionsanalyse wurde zur Durchführung der experimentellen Untersuchungen eine Versuchsanlage im Labormaßstab aufgebaut. Als zentrale Feuerungseinheit diente ein Wirbelschichtreaktor, zur in-situ-Analyse des Umsatzverhaltens der Brennstoffe kam eine gaspotentiometrische Sauerstoff-Festelektrolytsonde (GOP) zum Einsatz. Die GOP, im Eigenbau erstellt und dabei den apparativen sowie experimentellen Eigenheiten der Untersuchungen angepasst, detektierte die Abgaskomponenten oberhalb der Wirbelschicht bei der Verbrennung und Vergasung. Über ein Verbrauchsmodell des Konversionsmittels (O₂ oder CO₂) konnte dann mittels Bilanzierung der gemessenen Gaskomponenten die effektive Reaktionsgeschwindigkeitskonstante k_{eff} bestimmt werden. Diese Konstante verbindet die chemische Reaktionskonstante mit den hydrodynamischen Zuständen des Apparates und den Brennstoffeigenschaften (wie Körnung und BET-Ao) zu einer effektiven Reaktionsgeschwindigkeitskonstante. Die Modell- und Auswertalgorithmen wurden in eine Software routine implementiert, so dass nach erfolgtem Umsatz des Brennstoffes die Ergebnisse unmittelbar zur Verfügung standen. Die Bestimmung von k_{eff} ist jeweils getrennt für die Oxydation und die Reduktion des Brennstoffes vorzunehmen. Deren Kombination ermöglicht durch Anwendung eines neu entwickelten Reaktormodells die Ableitung von k_{eff} -Werten für einzelne Betriebspunkte bei der Luftvergasung.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Lothar Mörl
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing Matthias Uthardt, Dipl.-Ing. Wolfgang Behns
Förderer: BMWi/AIF; 14.01.2010 - 31.10.2011

Entwicklung von verstärkenden Rußen durch Altreifenpyrolyse

Im Rahmen eines ZIM-Projektes zum Thema Entwicklung von verstärkenden Rußen durch Altreifenpyrolyse wurde gemeinsam mit der Firma Carbon clean tech GmbH Burg ein neues Verfahren zur umweltgerechten Aufarbeitung von Altreifen entwickelt. Ziel dieses Projektes war die Trennung der im Altreifen enthaltenen Materialien (Stahl, Öl, Ruß. .) und die Aufarbeitung der Rußkomponente zu einem wiederverwendbarem Rohstoff.

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Lothar Mörl
Projektbearbeiter: Dr.-Ing. Hartmut Haida, Dipl.-Ing. Wolfgang Behns
Förderer: Deutsche Bundesstiftung Umwelt; 01.06.2009 - 30.06.2012

Wirbelschichttrocknung mit überhitztem Dampf in der Lebensmittelverarbeitenden Industrie

In Zusammenarbeit mit der Braunschweigischen Maschinenbauanstalt AG wurde ein Projekt zum Thema Wirbelschichttrocknung mit überhitztem Wasserdampf in der Lebensmittel verarbeitenden Industrie bearbeitet, welches durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert wurde. An einer an der Otto-von-Guericke-Universität vorhandenen Heißdampf-Wirbelschicht-Versuchsanlage wurden experimentelle Untersuchungen mit Stoffsystemen aus dem Bereich der Lebensmittelindustrie durchgeführt. Diese Untersuchungen waren Grundlage für das Konzept einer neuen Heißdampf-Wirbelschicht-Anlage im Technikumsmaßstab, welche im Rahmen dieses Projektes bei der BMA errichtet wurde.

Projektleiter: Prof. Dr. Heinz Köser
Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Daniel Kunth, Dipl.-Ing. Sebastian Hopf
Kooperationen: ENEL, GDF Suez, E.ON
Förderer: Weitere Stiftungen; 01.07.2011 - 01.07.2012

Geringe Gesamtquecksilbergehalte und Quecksilberspeziesverteilung in Feuerungsabgasen - Validierung des Dowex/AC Meßverfahrens

Vor dem Hintergrund der laufenden Diskussionen um die Neubewertung der Umweltwirkungen des Quecksilbers (Hg) sollen Verfahren weiter entwickelt werden, die es gestatten, geringe Quecksilber-emissionen aus kohlegefeuerten Kraftwerken mit geringen Aufwand betriebssicher zu überwachen. Ein wesentliches Ziel des Vorhabens ist es, die Kurzzeit-methode zur quantitativen und differenzierten Hg(0) / Hg(ox)-Messung mit Dowex/Aktivkohle (AC)-Sammlern zukünftig als validiertes Alternativ-Verfahren für die manuelle Überprüfung von Quecksilbergehalten in Feuerungsabgasen einsetzen zu können. Dazu soll zunächst eine abgesicherte Arbeitsvorschrift der Geräte, Reagenzien, Probenahme und analytischen Auswertung erstellt werden. Dann soll durch eine interne Kalibrierung anhand von

Feldmessungen, an denen verschiedene Messinstitutionen beteiligt werden, eine Kurzzeit-variante dieses Verfahrens mit dem nasschemischen Referenzverfahren nach DIN EN 13211 verglichen und validiert werden. Zusätzlich sollen Vergleichsmessungen mit der EPA Methode 30B sowie einem kontinuierlichen Hg-Messgerät neuerer Bauart durchgeführt werden. Zudem soll im Vorhaben der Einsatz des Dowex/AC Verfahrens für die Ermittlung der Hg-Speziesverteilung in den Rohgasen vor REA-Wäschern abgesichert werden. Die Kenntnis der Hg-Spezies ist von grundlegender Bedeutung für die Optimierung der Abgasreinigung im Hinblick auf die Mitabscheidung von Quecksilber.

Projektleiter: Prof. Dr. Heinz Köser

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Jan Schütze

Förderer: Industrie; 19.08.2010 - 01.08.2011

Minderung von Quecksilberemissionen in Feuerungsabgasen eines Kraftwerkes

In einem Kraftwerk sollen in betriebsnahen Untersuchungen die Quecksilber-Emissionen gesenkt werden.

Folgende Verfahrensparameter werden mit dieser Zielrichtung optimiert:

- Redox-Potential der nassen Rauchgasentschwefelungsanlage (REA)
 - pH-Wert der REA
 - Dosierung von schwefelhaltigen quecksilberspezifischen Verbindungen zur REA
 - Dosierung von quecksilberspezifischen Adsorbentien zur REA
 - Zugabe von Adsorbentien zum Abgas für Elektrofilter
 - Selektive Ausschleusung des Quecksilbers aus dem REA-Waschsuspensionskreislauf
-

Projektleiter: Prof. Dr. Heinz Köser

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Jan Schütze

Förderer: Industrie; 01.05.2011 - 30.01.2012

Minderung von Spurenelementemissionen in Feuerungsabgasen

In den REA-Wäschern eines Kraftwerkes wird ein hoher Anteil der wasserlöslichen oxidierten Quecksilber-Spezies im Abgas (Hg_{ox}-Anteil ca. 90%) nach dem Übergang in die Waschsuspension wieder in elementarer Form re-emittiert. Die Abscheidung des Quecksilbers in den Wäschern ist infolge dieser Re-Emission unbefriedigend. Derartig hohe Re-Emissionen sind ungewöhnlich und bisher nicht in der Literatur beschrieben. Folglich sind auch keine Standard-Maßnahmen zur Beherrschung dieses Phänomens verfügbar. Im Rahmen des Vorhabens sollen folgende Betriebsversuche geplant zur Minderung der Hg-Emissionen begleitet werden: -

- Betrieb der Waschsuspensionsaufbereitung mit erhöhter Hg-Ausschleusung
- Betrieb der REA-Wäscher in Ca(OH)₂-CaCO₃-Hybrid Fahrweise
- Betrieb der REA-Wäscher mit TMT Zugabe
- Nutzung des Aktivkohleflugstromverfahrens für die Hg-Minderung

Zudem ist vorgesehen, die potentielle Spurenelement-Emissionen bei der Stabilisatherstellung zu bewerten.

Projektleiter: Prof. Dr. Heinz Köser

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Sebastian Hopf

Förderer: Industrie; 15.06.2010 - 15.10.2011

Optimierung der Quecksilberabscheidung in einer Klärschlammverbrennungsanlage

In Pilot-Untersuchungen ist eine günstige Verfahrenstechnik zur adsorptiven Minderung der Quecksilberemissionen einer Klärschlamm-Verbrennungsanlage zu entwickeln.

Schwerpunkt der Arbeiten ist das Flugstromverfahren mit den Einflußgrößen:

- Art des Adsorbens
- Betriebstemperatur
- Verteilung des Adsorbens im Abgasstrom
- Abscheidung der Quecksilberspezies
- Einfluß des SO₃- und Staub-Gehaltes des zu reinigenden Abgases
- Abscheidung im vorhandenen Elektrofilter
- Abstimmung der Quecksilberabscheidung von Flugstromverfahren und nachgeschaltetem Wäscher

Projektleiter: Prof. Dr. Heinz Köser

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Katharian Zeng

Förderer: Industrie; 08.08.2010 - 15.08.2012

Quecksilberoxidationsaktivität von neuartigen SCR-DeNO_x-Katalysatoren

Von SCR-DeNO_x Katalysatoren in Kraftwerken wird heute ebenfalls eine hohe Aktivität zur Oxidation von elementarem Quecksilber in Abgasen gefordert.

Ziel des Projektes ist es, die Quecksilber-Oxidationsaktivität eines neuartigen Katalysators unter Modellbedingungen zu ermitteln, die die typischen Betriebsbedingungen in Rohgasen von kohlegefeuerten Kraftwerken abdecken.

Projektleiter: Prof. Dr. Heinz Köser

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Jan Schütze

Förderer: Industrie; 01.08.2011 - 30.01.2012

Untersuchung zum Einfluss der Bromid-Dosierung auf das Redoxpotential und die Hg-Abscheidung in REA-Wäschern von Kraftwerken

Versuche in verschiedenen Kraftwerken belegten die Wirkung von Iodid als Inhibitor der metallkatalytischen Schwefeldioxid-Oxidation in REA-Wäschern. Durch Iodidzugabe lässt sich folglich das durch die Schwefeloxide maßgeblich bestimmte Redoxpotential in REA-Wäschern in hohen Bereichen steuern. Mit dem Redoxpotentials verändert sich die Hg-Wäscherchemie deutlich:

- Hohe Redoxpotentiale sind durch geringe Iodidkonzentration (<5 mg/l) geringe Hg-Dampfdrücke/Re-Emission sowie hohe gelöste Hg_{aq}-Konzentration in der Waschsuspension (und damit geringe Hg-Gehalte im Gips) gekennzeichnet.
- Ein geringes Redoxpotential infolge der erhöhten Iodidgehalte führte zu verstärkten Hg-Konzentrationen an den Suspensionsfeinteilen (und damit im Gips), einem höheren Weißgrad und höheren Hg-Dampfdrücken/Emissionen.

Iodid ist jedoch eine vergleichsweise teure Prozesschemikalie. Im vorliegenden Projekt zur Steuerung und des Redoxpotentials soll die preiswertere Bromidzugabe zur Wäschersuspension in einem Kraftwerk getestet werden.

Projektleiter: Prof. Dr. Heinz Köser

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Sebastian Hopf; Dipl.-Ing. Katharina Zeng

Förderer: Industrie; 01.04.2011 - 01.08.2011

Waschregeneration von quecksilberhaltigen Katalysatoren

Von den kontinuierlichen Hg-Monitoren am Kamin zweier thermischer Sonderabfallbehandlungsanlagen werden zeitweise erhöhte Quecksilberkonzentrationen gemessen, die die Grenzwert-auflagen gefährden. Verschiedene Beobachtungen des Betriebsverhaltens und eintägige Hg-Messungen im Rohgas deuten darauf hin, dass die erhöhten Quecksilber-emissionen zumindest teilweise auf das Ausspeichern von Hg aus den reingasseitig angeordneten SCR-DeNO_x-Katalysatoren zurückzuführen sind. Durch Ausheizen bei 280°C lässt sich das in den Katalysatoren eingespeicherte Hg nur unvollständig entfernen.

Auf Grund von Voruntersuchungen ist zu vermuten, dass durch Waschregeneration der Katalysatoren das Hg entfernt werden kann ohne dass die DeNO_x-Aktivität negativ beeinflusst wird.

Vor diesem Hintergrund sollen in dem FuE-Vorhaben: - Höhe und Art der Hg-Einlagerung in den SCR-DeNOx-Katalysatoren und - die Flüchtigkeit des eingespeicherten Hg in Abhängigkeit von der Temperatur ermittelt sowie - ein selektives Waschverfahren für das eingespeicherte Hg entwickelt werden.

Projektleiter: Dipl.-Ing. Antje Stresing

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. Klaus Walter, Dr.-Ing. Michael Jacob, Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Lothar Mörl

Förderer: Bund; 01.11.2010 - 30.09.2012

INWiTherm Induktiv beheizte Wirbelschichten zur energieeffizienten thermischen Behandlung von feindispersen Stoffsysteme

Ziel des Projektes ist eine neue Technologie für die hoch effiziente Erwärmung von elektrisch beheizten Wirbelschichten zu entwickeln. Dahinter steht die Idee, elektrisch leitfähige aber chemisch inerte Partikel in die Wirbelschicht einzubringen und gemeinsam mit dem zu behandelnden Substrat zu fluidisieren. Über einen anlagenintegrierten Induktor soll die Wirbelschicht mit einem elektro-magnetischen Wechselfeld beaufschlagt werden, was zur induktiven Erwärmung dieser Inertkörper führt. Diese geben nun aus dem Inneren der Wirbelschicht heraus ihre Wärme über eine insgesamt sehr große Oberfläche an das Substrat ab, wodurch eine sehr hohe Energiedichte und im Ergebnis hoch effiziente Wärmeübertragung erreicht werden kann.

6. Eigene Kongresse, wissenschaftliche Tagungen und Exponate auf Messen

7. Veröffentlichungen

Originalartikel in begutachteten internationalen Zeitschriften

Hauptmanns, Ulrich

Beurteilungskriterien für sicherheitstechnische Prüfungen

In: Chemie - Ingenieur - Technik. - Weinheim: Wiley-VCH Verl., Bd. 83.2011, 8, S. 1161-1172; [Link unter URL](#); 2011
[Imp.fact.: 0,347]

Hauptmanns, Ulrich

Reliability data acquisition and evaluation in process plants

In: Journal of loss prevention in the process industries. - Guildford, Surrey: Butterworth, Bd. 24.2011, 3, S. 266-273; [Link unter URL](#); 2011
[Imp.fact.: 0,810]

Hauptmanns, Ulrich

The impact of differences in reliability data on the results of probabilistic safety analyses

In: Journal of loss prevention in the process industries. - Guildford, Surrey: Butterworth, Bd. 24.2011, 3, S. 274-280; [Link unter URL](#); 2011
[Imp.fact.: 0,810]

Krüger, Simone; Berger, Anka; Krause, Ulrich

Chemical-analytical investigation of fire products in intermediate storages of recycling materials

In: Fire and materials. - New York, NY [u.a.]: Wiley, [Abstract unter URL](#), 2011; 2011

Originalartikel in begutachteten nationalen Zeitschriften

Marx, Marcus; Papp, Christian; Pöschko, Pascal

Kosten-Nutzen-Analyse für Heimrauchmelder unter Anwendung des Life-Quality-Index

In: Technische Sicherheit. - Düsseldorf: Springer-VDI-Verl., Bd. 1.2011, 4, S. 26-28; 2011

Marx, Marcus; Weikert, Fritz; Böttcher, Andreas

Brandgefährlich - Schweißarbeiten und ihre möglichen Folgen

In: Sicher ist sicher. - Berlin: Kluge, Bd. 62.2011, 4, S. 173-177; 2011

Marx, Marcus; Worm, Andre; Löhnert, Andreas; Reich, Franziska

Anzusetzende Branddauern bei Flugzeugabstürzen auf Industriegebäude

In: Technische Sicherheit. - Düsseldorf: Springer-VDI-Verl., Bd. 1.2011, 1/2, S. 41-45; 2011

Marx, Marcus; Weikert, Fritz; Böttger, Andreas

Grenzen überschreiten

In: Der Praktiker. - Düsseldorf: DVS-Media, Bd. 63.2011, 11, S. 472-478; 2011

Marx, Marcus; Weikert, Fritz; Wollny, Simon

Gefährliche Heißenarbeiten - Risiken für Leib und Leben

In: Sicher ist sicher. - Berlin: Kluge, Bd. 62.2011, 7/8, S. 335-338; 2011

Pöschko, Pascal; Marx, Marcus

Faseroptische Temperatursensoren

In: Technische Sicherheit. - Düsseldorf: Springer-VDI-Verl., Bd. 1.2011, 6, S. 28-31; 2011

Buchbeiträge

Mörl, Lothar

Verfahrenstechnische Grundlagen des Coatings

In: Easy Coating. - Wiebaden: Vieweg + Teubner, ISBN 978-3-8348-0964-3, S. 7-51; [Link unter URL](#), 2011; 2011

Artikel in Fachzeitschriften der Industrie, Gesellschaften, Verbände etc.

Gabel, Dieter; Hauptmanns, Ulrich

Zuverlässigkeit autarker Energieversorgungssysteme

In: BWK. - Düsseldorf: Springer-VDI-Verl., Bd. 63.2011, 9, S. 57-62; 2011

Marx, Marcus

Risikobasierte SIL-Klassifizierung

In: Process. - Würzburg: Vogel Business Media, Bd. 18.2011, 6, S. 34-35; 2011

Marx, Marcus; Saßmannshausen, Bernd; Poggenpohl, Frank Gerrit

Quantitative Bemessung von Brandrisiken unter Variation der Eingreifzeiten am Beispiel der WF Merck KGaA

In: Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz. - Bremen: Kortlepel Verl., Ebner, 1, S. 12-16, 2011; 2011