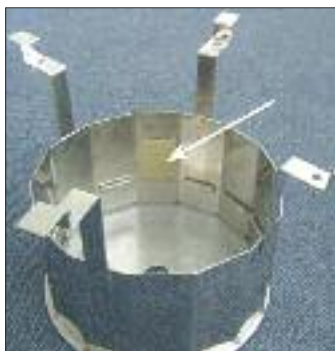


Alternative Oberflächensysteme

Untersuchungen zur Verminderung von Kontamination und Reinigungsaufwand

Am Fraunhofer Anwendungszentrum Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik (AVV) wurden im Rahmen des Forschungsprojekts „Alternative Oberflächen und Biomonitoring“ der Industrievereinigung für Lebensmitteltechnologie und Verpackung e.V. (IVLV) die reinigungstechnischen Eigenschaften verschiedener Oberflächenmodifikationen im Vergleich zu Edelstahl untersucht. Auch die chemische und mechanische Beständigkeit der Oberflächen wurde überprüft, um das Potenzial für Praxisanwendungen zu bewerten.



Verschmutzungsmodul mit Materialprobe und gezielte Molkenproteinablagerungen auf verschiedenen Oberflächen

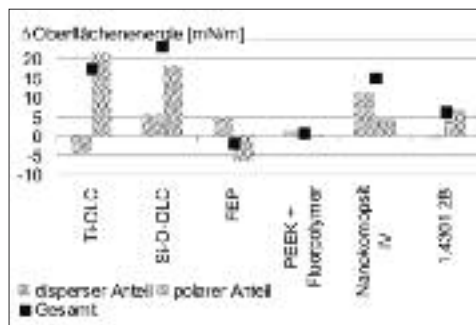
Verarbeitungsmaschinen unterliegen als Bestandteil von Anlagen zur Herstellung von Lebensmitteln, Pharmazeutika und Kosmetikartikeln strengen Hygieneanforderungen. In der seit dem 29.12.2009 verbindlichen neuen Maschinenrichtlinie 2006/42/EG fordert der Gesetzgeber dazu mit Bezug auf die Konstruktion von Nahrungsmittelmaschinen, „dass das Risiko einer Infektion, Krankheit oder Ansteckung ausgeschlossen ist“. Weiterhin „muss [die Maschine] so konstruiert und gebaut sein, dass diese Materialien [die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen]

vor jeder Benutzung gereinigt werden können; ist dies nicht möglich, sind Einwegteile zu verwenden“.

Die Arbeitsgruppe „Hygienegerechte Lebensmittel- und Pharmaproduktion“ des Fraunhofer AVV, Dresden, bearbeitet Forschungs- und Entwicklungsprojekte auf dem Gebiet der reinigungsgerechten Konstruktion und Optimierung von Reinigungsprozessen. Ziel des Forschungsvorhabens, das von Dipl.-Ing. Marc Mauermann und Dipl.-Ing. (FH) Ursula Eschenhagen am Anwendungszentrum Verarbeitungsmaschinen und Verpackungstechnik in Dresden bearbeitet wurde, war die Erstellung einer Übersicht von auf dem Markt befindlichen antiadhäsiven Oberflächenbeschichtungs- und Oberflächenbehandlungssystemen, die den industriellen Reinigungsaufwand

reduzieren und den Anforderungen der Lebensmittelindustrie genügen. Mithilfe der erstellten Übersicht können antiadhäsive Oberflächen ausgewählt und hinsichtlich ihrer

konstruktiven und verarbeitungstechnischen Anwendbarkeit bewertet werden. Die Untersuchungen konzentrierten sich auf offene Maschinenoberflächen (3-Phasensystem). Zur Erreichung des Projektziels wurden experimentelle Unter-



Die Oberflächenenergie nach der Reinigung bei verschiedenen Oberflächenmodifikationen

suchungen zur Reinigbarkeit von Edelstahl und antiadhäsiven Oberflächen durchgeführt. Dafür wurde eine Testprozedur zur hygienetechnischen Charakterisierung von Außenoberflächen anhand der Restverschmutzung nach definierter Verschmutzung und Reinigung erarbeitet. Zur besseren Einschätzung der anwendungstechnischen Oberflächeneigenschaften wurden auch Reinigungsuntersuchungen an chemisch gealterten Oberflächen durchgeführt. Es wurden Konstruktionshinweise zur hygienegerechten Gestaltung von kritischen Bauteilen in Verarbeitungsmaschinen unter Verwendung von antiadhäsiven Beschichtungen erarbeitet.

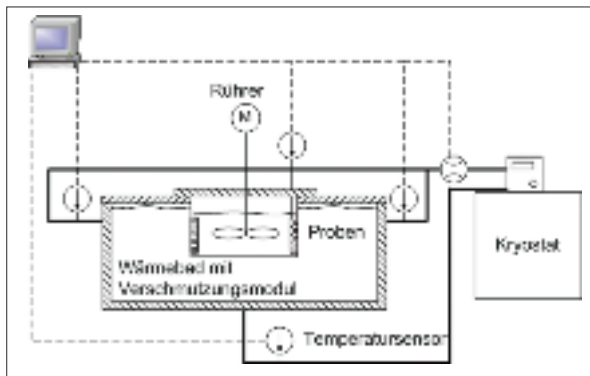
Bestehende Anlagen beurteilen

Für bereits installierte Anlagen liegen durch Produkt, Prozess und Maschinenteknik die Grenzen fest. Der Anwender kann die erforderliche Produktsicherheit nur über die Reinigungshäufigkeit und -dauer gewährleisten. Zur Vermeidung oder Beseitigung von Risiken

werden diese Parameter tendenziell zu hoch angesetzt. Die Überdimensionierung des Reinigungsprozesses bindet Produktionszeit, Kapazitäten und erhöht den Material- und Energieeinsatz. Stetig sinkende Auftragsgrößen und damit verbundene häufige Auftragswechsel verschärfen die Problemstellung zusätzlich. Die wirtschaftliche Bedeutung der reinigungsbedingten Stillstandszeiten zeigt sich im prozentualen Anteil an der Gesamtproduktionszeit. Eine Marktstudie des Fraunhofer IVV und Fraunhofer IZM bestätigt eigene Untersuchungen, wonach bei

milchverarbeitenden Betrieben durchschnittlich zehn Reinigungsläufe pro Anlage und Woche mit einer Dauer von 110 Minuten durchgeführt werden. Das entspricht einer durchschnittlichen Reinigungsdauer von ca. 1.100 Minuten pro Woche. Bei Dreischichtbetrieb in einer Fünf-Tage-Woche entspricht das etwa fünfzehn Prozent der Produktionszeit. Von Anwendern und Maschinenherstellern wird deshalb eine Verminderung des Reinigungsaufwands angestrebt. Trotzdem entstehen in der Lebensmittelindustrie große wirtschaftliche Schäden durch Kontaminationen im Produktionsprozess. Im Jahre 1998 wurden in einer Statistik für den amerikanischen Markt Kosten für Rückrufaktionen von mehr als 30 Mrd. US-Dollar festgestellt. Die mangelnde Hygiene und Reinigung der Anlagen schlägt dabei mit einem Anteil von mindestens 25 Prozent zu Buche. Der Reinigungs- und Sterilisationsaufwand wird hauptsächlich durch die Art des zu verarbeitenden Produkts, des Prozessablaufs, der Art und Weise

der Reinigung, der zu reinigenden Oberfläche sowie durch das Niveau der hygienegerechten Gestaltung bestimmt. Im Fokus der Untersuchungen lagen Verarbeitungsprozesse, die mittels Sprühreinigung (offene CIP-Reinigung) automatisch gereinigt werden. Offen CIP-gereinigte Systeme wie Form-, Füll- und Verschleißmaschinen, Waschkabinen oder Transportbehälter und Lagertanks sind einer manuellen Reinigung zugänglich, werden aber dennoch durch automatische Niederdrucksprühverfahren gereinigt. Infolge undefinierter Sprüh- und Reinigungsverhältnisse, zum Beispiel durch Bauteilkonturen oder Hinterschnitte, sind diese Maschinenreinigungen



Schematische Darstellung des Verschmutzungsversuchsstandes

In der Entwicklungsphase einer Verarbeitungsmaschine besteht das höchste Potenzial zur Einflussnahme auf die Produktqualität. Gleichzeitig treten hier die meisten Fehler auf.

Die Anlagenentwicklung begleiten

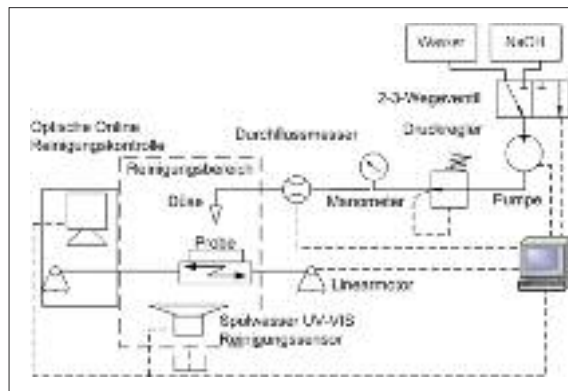
Gerade in dieser Phase spielt die Überprüfung der Reinigbarkeit meist noch eine untergeordnete Rolle. Um schon in dieser Phase hygienische Aspekte in die Konstruktion einfließen lassen zu können, sind genaue Methoden zur entwicklungsbegleitenden Untersuchung der Reinigbarkeit notwendig. Gängige Kontrollverfahren wie die Abstrichmethode sind wegen ihrer Ungenauigkeit und ihres Aufwandes nur bedingt geeignet. Eine Alternative bieten die Methoden des Bio-monitoring. Perspektivisch sind sie auch dazu geeignet, Effizienz und Erfolg der Maschinenreinigung in der Lebensmittelindustrie zu verifizieren. Mittelfristig sollen aufwändige Stichprobenanalysen durch nicht-destruktive Methoden ersetzt werden.

Zahlreiche Oberflächen untersucht

Für das Forschungsprojekt wurden 46 Oberflächenmodifikationen aus den Bereichen Polymerbeschichtungen, PVD- und CVD-Beschichtungen sowie Nanokompositbeschichtungen zur Untersuchung aus-

gewählt. Für die Erreichung des Projektziels musste eine Testprozedur zur hygienetechnischen Charakterisierung von Oberflächen anhand der Oberflächenverschmutzungsmenge nach de-

finierter Verschmutzung und Reinigung erarbeitet werden. Als wesentliche Schritte der Testprozedur wurden Methoden zur reproduzierbaren Verschmutzung von Materialoberflächen mit Molkenprotein, Stärke und *Pseudomonas fluorescens* sowie zu deren Detektion erfolgreich getestet und optimiert. Die Überführung der Laborergebnisse in den Technikumsmaßstab wurde durch Konstruktion und Aufbau von Verschmutzungsversuchsständen erreicht. Zur definierten Reinigung der verschmutzten Materialproben mittels Flachstrahldüse wurde ein Reinigungsversuchsstand aufgebaut. Auf dieser Grund-



Der verwendete Sprühreinigungsversuchsstand mit Online-Reinigungskontrolle in schematischer Darstellung

lage konnten die Verschmutzungsneigung und die Reinigbarkeit von antiadhäsiven Oberflächenmodifikationen im Vergleich zu Edelstahl untersucht werden. Dabei wurde für den Einsatz von Oberflächenmodifikationen ein erhebliches Optimierungspotenzial beim Reinigungsaufwand sowie bei der Zeit zwischen den Reinigungsintervallen nachgewiesen.

Im nächsten Schritt wurde die chemische Beständigkeit der Oberflächenmodifikationen untersucht. Dafür wurde ein entsprechender Versuchsstand aufgebaut und darauf ein industrieller Reinigungsprozess im Labormaßstab nachgestellt.

Gute Haltbarkeit gewährleistet?

Im Ergebnis zeigte sich, dass bei einem Teil der getesteten Oberflächenmodifikationen die Antihafteigenschaften durch die chemische Belastung nachteilig beeinflusst wurden. In den Untersuchungen zur mechanischen Beständigkeit wurden ausgewählte Oberflächenmodifikationen verschiedenen Verschleißmechanismen ausgesetzt. Dabei zeigten die getesteten Oberflächenmodifikationen unterschiedliche Beständigkeiten gegenüber abrasivem, adhäsivem und erosivem Verschleiß. Unter verschleißtechnischen Aspekten eignen sie sich damit für unterschiedliche Anwendungen. Mit den durchgeführten Untersuchungen konnte sowohl das

Einsatzpotenzial für eine Reduzierung der Reinigungskosten in der Lebensmittelindustrie als auch bestehender Optimierungsbedarf bei den getesteten Oberflächenmodifikationen nachgewiesen werden. Die Projektergebnisse dienen daher nicht nur der anwendungsgerechten Auswahl von

Oberflächenmodifikationen. Sie bieten dank der erarbeiteten Testprozedur auch erstmals die Möglichkeit, während der Entwicklung von Werkstoffen und Maschinen die reinigungsgerechte Auslegung des Systems zu optimieren. MM/ct

Der ausführliche Projektbericht kann bei der IVLV-Geschäftsstelle unter office@ivlv.de angefordert werden.

IVLV
Wissen vernetzen!

IVLV e.V.
Schragenhofstraße 35
80992 München
Tel.: 089/14 90 09 0
Fax: 089/14 90 09 80
Internet: www.ivlv.de
E-Mail: office@ivlv.de

aber meist schwieriger durchführbar als CIP-Reinigungen in geschlossenen Systemen. Ansätze zur Verbesserung der Produktsicherheit und zur Verringerung des Reinigungsaufwands ergeben sich in der Anlagenkonstruktion, in den Reinigungsverfahren und bei der Überprüfung von Reinigbarkeit, Reinigungseffizienz und Reinigungserfolg. Ein vielversprechender Lösungsansatz ist der Einsatz von neuartigen Oberflächen mit Antihafteigenschaften, beispielsweise Fluorpolymerbeschichtungen, Nanokompositbeschichtungen oder physikalischen bzw. chemischen Abscheidungen aus der Gasphase (PVD/CVD).