

Werkstoffoberflächen, Haftung, Reinigung – ein neuartiges, interdisziplinäres Konzept zur Vermeidung von Infektion und Kontamination bei der Produktion von Lebensmitteln

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle I:	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin Abt. Materialschutz und zerstörungsfreie Prüfung FG Oberflächentechnologien Prof. Dr. G. Reiners/Dr. U. Beck
Forschungsstelle II:	Technische Universität München Lehrstuhl für Maschinen- und Apparatekunde Prof. Dr. K. Sommer/Dipl.-Ing. B. Weigl
Industriegruppen:	Fachverband der Gewürzindustrie e.V., Bonn VDMA Fachverband Nahrungsmittelmaschinen und Verpackungsmaschinen e.V., Frankfurt a./M.
Projektkoordinator:	Dr. W. G. Kohler, EHW Thale Email GmbH, Thale
Laufzeit:	2000 - 2003
Zuwendungssumme:	€ 458.090,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Im Jahre 1998 entstanden allein der amerikanischen Lebensmittelindustrie Kosten von mehr als 30 Mrd. Dollar durch Rückrufaktionen und Umsatzeinbußen nach Infektionen von Lebensmitteln („Foodborn Disease“). Ein Viertel dieser Kosten ist ursächlich auf mangelnde Hygiene und Reinigung der Anlagen zurückzuführen. Die katastrophenartig hereinbrechenden Probleme führen auch weltweit und gerade bei mittelständischen Unternehmen zu erheblichen wirtschaftlichen Schäden und Arbeitsplatzverlusten.

Durch die zunehmende allergologische Empfindlichkeit der Bevölkerung sind bei Produktionswechsel, wie sie insbesondere bei mittelständischen Lebensmittelunternehmen unvermeidbar sind, erhöhte Anforderungen an die Reinigung zu stellen, um Kontaminationen durch unterschiedliche Produkte zu vermeiden, z.B. können allergene oder toxische Stoffe in Nussmassen bei ungenügender Reinigung andere Lebensmittel und den Verbraucher schädigen. In der Steril- und Reinraumtechnik (Lebens-

mittelindustrie, Biotechnologie, Pharma- und Kosmetikindustrie) ist die Frage nach der Gestaltung und Optimierung von Oberflächen aus wirtschaftlicher und technischer Sicht von essentieller Bedeutung, um einerseits die Adhäsion von Bestandteilen aus organischen und anorganischen Substanzen der Produkte und andererseits den Reinigungsaufwand zu minimieren. Das Kriterium „Reinigbarkeit und Sterilität“ kann der Lebensmittelhersteller in seinem Qualitätssicherungskonzept nur dann gewährleisten, wenn man Materialkenngrößen ableitet, die diese Grenzflächenreaktionen widerspiegeln und praxisrelevante Bewertungsgrundlagen ergeben. In gleicher Weise ist der Hersteller von Anlagen auf solche Bewertungen angewiesen, um Anforderungen des Lebensmittelherstellers sinnvoll erfüllen zu können. Dieses Problem ist bisher nicht gelöst. Die derzeitige Beurteilung erfolgt durch den Mittenrauhwert R_a der Oberfläche, der aus einem Linien-Tastschnitt bestimmt wird und keinerlei weitere Einflussgrößen berücksichtigt.

Eine Korrelation zwischen der Rauheit und der Oberflächenenergie bietet die Chance, über die Kausalkette

Topographie \Rightarrow „topographische“ Rauheit \Rightarrow Oberflächenenergie \Rightarrow Bioadhäsion

Ergebnisse aus Adhäsions- und Besiedlungsversuchen auf eine fertigungstechnisch, für die Lebensmittelindustrie handhabbare Rauheitsgröße zu übertragen.

Aufbauend auf einer Bewertung der Messverfahren zur Abbildung der Topographie war es deshalb Ziel des Forschungsvorhabens, einen neuen Kennwert zu definieren (z.B. durch Modifikation des Mittenrauhwerts oder durch andere Parameter), der eine reinigungstechnische Bewertung ermöglicht. Durch Modell- und Praxisversuche sollte dieser Wert verifiziert werden. Weiterhin sollte unter Verwendung dieses Wertes die Frage untersucht werden, ob zu glatte Oberflächen evtl. zu ungünstigeren reinigungs- und steriltechnischen Verhältnissen führen. Daraus leitete sich das weitere wesentliche Ziel ab, Aussagen über optimierte Oberflächenstrukturen unter wirtschaftlichen, hygienischen und technologischen Gesichtspunkten zu erhalten und für die genannten Industriebereiche bereitzustellen.

Forschungsergebnis:

Mittels umfangreicher Simulation wurde ein Kennwert als Haftungswahrscheinlichkeit abgeleitet, der sich aus zwei Teilwahrscheinlichkeiten zusammensetzt. Diese charakterisieren einerseits über die topographieabhängige Adhäsionsfläche den Rauheitseinfluss und andererseits unter Einbeziehung eines Adhäsionsmodells den Einfluss der Oberflächenenergie. Unter Anwendung der an realen Oberflächen gemessenen Oberflächenenergien (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin) konnte die Wirkung einer Veränderung der Oberflächenenergie, d.h. für unterschiedliche Materialien und Oberflächenzustände, auf die Reinigungsfähigkeit abgeschätzt werden. Darüber hinaus wurden an simulierten Oberflächen strukturabhängige Charakteristika analysiert. Typisch ist die Ausbildung eines mehr oder weniger ausgeprägten Minimums. Mit den Trennkraftmessungen des Lehrstuhls für Maschinen- und Apparatekunde konnte die Tendenz dieses Optimums der Haftungswahrscheinlichkeit bei gewissen R_a -Werten deutlich nachgewiesen werden.

Die Lage und die Breite dieses Optimums muss jedoch noch eingehender experimentell untersucht werden. Die Simulationen und experimentellen Untersuchungen zeigen aber, dass auf jeden Fall für verschiedene Materialkombinationen unterschiedliche Optima zu erwarten sind. Diese liegen in dem für die Lebensmitteltechnik interessanten Rauheitsbereich (R_a) von 0,4-1,5 μm .

Prinzipiell ist zu erwarten, dass

- für hochenergetische Oberflächen (Email) das Minimum weitaus enger gegenüber niedrigerenergetischen Oberflächen (Teflon) ist. Auf Grund ihrer Oberflächeneigenschaften tendieren Stähle zum Verhalten der Email.
- sehr spitze, kammartige Profile einfacher zu reinigen sind als langgezogene wellige (geringe Adhäsionsfläche).
- die viskoelastischen Eigenschaften des Biofilmes die Adhäsionsflächen und somit die Reinigbarkeit beeinflussen.
- ein Polieren auf immer kleinere R_a -Werte nicht zu empfehlen ist. Die Haftwahrscheinlichkeit - entsprechend die gemessenen Trennkraft - steigt wieder an.
- die bearbeitungsinduzierten Anisotropien und Oberflächendefekte einen wesentlichen Einfluss haben.

Die bisherigen Untersuchungen mit unterschiedlichen Topographien und Oberflächenenergien sowie die Trennkraftmessungen und Simulationen fixierten grundlegende Eckpunkte zur Ermittlung einer optimal reinigbaren Oberfläche. Mittels weiterer Untersuchungen, v.a. mit niedrigerenergetischen Oberflächen und höheren Rauheiten, im Rahmen des AIF/FEI-Anschlussvorhabens 13586 N soll ein Katalog von „guten“ und „schlechten“ Oberflächen zusammengestellt werden.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Ständig steigende Anforderungen an die Verbesserung von Oberflächenqualitäten aufgrund von geforderten Qualitätssicherungs- und Sicherheitskonzepten (z.B. HACCP) der Lebensmittelindustrie stellen speziell für mittelständische Unternehmen ein wirtschaftliches Problem dar, da sie diesen aus Kostengründen kaum folgen können. Damit sind sie gegenüber Großunternehmen eindeutig im Nachteil.

Die Forschungsergebnisse (optimale Haftung bei „kleinen“ Rauheiten) geben deshalb speziell diesen Unternehmen eine Grundlage, Garantien in

Bezug auf Hygieneanforderungen an Oberflächen (z.B. nach Maschinenrichtlinie, Lebensmittelhygienerichtlinie, GMP-Richtlinie) anhand von Standards geben zu können, ohne eigene kostspielige Untersuchungen oder Tests in Auftrag geben zu müssen. Kostspieliges Polieren von Oberflächen kann aufgrund der Ergebnisse nicht empfohlen werden.

Die erarbeiteten Ergebnisse wurden bereits bei der Diskussion über Standardisierungsfragen im VDI/VDE Fachausschuss 3.43 „Kalibrierverfahren und Normale“ unter Mitwirkung der BAM sowie einiger Gerätehersteller behandelt. Im Ergebnis wurde ein Richtlinienentwurf für das kalibrierte Messen mit Rastersonden-Mikroskopen erstellt, der 2003 verfügbar sein wird.

Die Nutzung der Ergebnisse ist grundsätzlich für alle Industrieunternehmen möglich, sie wird jedoch vor allem bei mittelständischen Unternehmen zur Kostensenkung im Bereich Rohstoffe und Anlagen beitragen und ihnen helfen, ihre Marktposition zu verbessern.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI Schlussbericht 2003.
2. Sommer, K.: Werkstoffoberflächen, Haftung und Reinigung – neue Konzepte für die Lebensmittelproduktion. Tagungsband 60. Diskussionstagung des Forschungskreises der Ernährungsindustrie, 34-48, (2002).
3. Clemens, R., Kohler, W. und Sommer, K.: Werkstoffoberflächen, Haftung, Reinigung. Brauwelt 20/21, 632-635 (2003).
4. Sommer, K.: Geringe Haftung: Wie sind Oberflächen strukturell zu gestalten, um Adhäsion zu vermindern? Lebensmitteltechnik 5, 62-63 (2003).
5. Schmidt, R., Beck, U., Weigl, B., Gamer, N., Reiners, G. und Sommer, K.: Topografische Charakterisierung von Oberflächen im steriltechnischen Anlagenbau. Chemie, Ingenieur, Technik 4, 428-431 (2003).
6. Weigl, B. und Sommer, K.: Ratio of normal and tangential detachment forces between particles and surfaces. Proc. 4th Intern. Conference for Conveying and handling of particulate solids, Budapest, Vol. 1, 469-474 (2003).

Weiteres Informationsmaterial:

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
Abt. Materialschutz und zerstörungsfreie Prüfung
Unter den Eichen 44-46, 12205 Berlin
Tel.: 030/8104-1820, Fax: 030/8104-1827
E-Mail: georg.reiners@bam.de

Technische Universität München
Lehrstuhl für Maschinen- und Apparatekunde
Am Forum 2, 85350 Freising-Weihenstephan
Tel.: 08161/71-3288, Fax: 08161/71-4242
E-Mail: k.sommer@bl.tum.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn
Tel.: 0228/372031, Fax: 0228/376150
E-Mail: fei@fei-bonn.de