

# FRT

## Activities



# 2024/2025

Europäische Forschungsgemeinschaft  
Reinigungs- und Hygienetechnologie e.V.

**Ar** Mitglied

Nichts ist so konstant  
wie der Wandel.

*Heraklit, 520 - 460 v. Chr.,  
Ephesos*

<b><u>Inhaltsverzeichnis</u></b>	<b>Seite</b>
Einführung .....	2
Projektbegleitende Ausschüsse und Arbeitskreise .....	3
Reinigungs- und Pflegeempfehlungen.....	4
Forschungsschwerpunkte.....	4
Abgeschlossene Forschungsprojekte.....	5
Laufende Forschungsprojekte .....	88
Vorträge und Poster .....	100
Veröffentlichungen.....	117
Mitgliedschaft in der FRT.....	150

<b><u>Table of Contents</u></b>	<b>Page</b>
Introduction.....	151
Project Advisory Boards and Working Groups.....	152
Cleaning and Maintenance Recommendations .....	153
Basic Fields of Research .....	153
Finalized Research Projects .....	154
Research Projects in Progress .....	233
Oral and Poster Presentations.....	245
Publications .....	261
FRT-Membership.....	293

## Einführung

Im Jahre 2021 feierte die Europäische Forschungsgemeinschaft Reinigungs- und Hygienetechnologie e.V. (FRT) ihr dreißigjähriges Bestehen; sie wurde 1991 von namhaften Unternehmen aus dem Bereich der Reinigungs- und Hygienetechnologie gegründet.

Als Mitglied der Arbeitsgemeinschaft Industrieller Forschungsvereinigungen e.V. (AiF) kann sie über das Förderprogramm der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) vorwettbewerbliche Forschungsvorhaben realisieren. Diese Projekte dienen insbesondere der Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit kleiner und mittelständischer Unternehmen (KMU).

Wie ihre Mitgliedsbetriebe hat auch die FRT ihre Tätigkeitsfelder in den vergangenen Jahren kontinuierlich erweitert und ausgebaut. Heute werden die Reinigung, Wiederaufbereitung und Hygiene verschiedenster Materialien im Rahmen von IGF-Projekten untersucht.

Beispiele sind neben der klassischen Gebäudereinigung auch Industrieanlagen, industrielle Teile und Reinräume sowie medizinische Einrichtungen, medizinische Instrumente und Implantate.

Zahlreiche Unternehmen unterstützen die Arbeit der FRT aktiv durch ihre Tätigkeit in den verschiedenen FRT-Gremien. Darüber hinaus wirken viele Unternehmen in den Projektbegleitenden Ausschüssen der IGF-Projekte mit und unterstützen diese durch vorhabenbezogene Aufwendungen der Wirtschaft (vAW).

Ferner wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Arbeitskreise gebildet, die Reinigungs- und Pflegeempfehlungen zu verschiedenen aktuellen Fragestellungen der Reinigungstechnologie und Hygiene erstellt haben. Die Ergebnisse dieser Arbeitskreise stehen allen interessierten Unternehmen und Verbänden zur Verfügung und sind von unmittelbarem Nutzen in der Praxis.

Der vorliegende Activity Report gibt Ihnen eine kurze Übersicht zur Arbeit der FRT. Wenn Sie an detaillierten Informationen zu speziellen Themen interessiert sind, steht Ihnen die FRT-Geschäftsstelle in Krefeld jederzeit gerne zur Verfügung.

## Projektbegleitende Ausschüsse (PA) und Arbeitskreise (AK)

Im Folgenden sind die Projektbegleitenden Ausschüsse zu IGF-Projekten aufgelistet. Darüber hinaus sind die verschiedenen Arbeitskreise aufgeführt, in denen FRT-Mitglieder Reinigungs-, Pflege- und Hygieneempfehlungen für harte Oberflächen erarbeiten und den zukünftigen Forschungsbedarf diskutieren.

- **Hydrogele – Wundauflagen**  
Projektbegleitender Ausschuss zu IGF-Forschungsprojekt 01IF00385N
- **Visualisierung viraler Kontaminationen**  
Projektbegleitender Ausschuss zu IGF-Forschungsprojekt 01IF23338N
- **Plasmaaktivierte Eispartikel zur Fassadenreinigung**  
Projektbegleitender Ausschuss zu IGF-Forschungsprojekt 01IF23265N
- **Antimikrobielle Self-Assembling-Systeme**  
Projektbegleitender Ausschuss zu IGF-Forschungsprojekt 01IF23264N
- **Spezialenzyme - Kohlenwasserstoff**  
Projektbegleitender Ausschuss zu IGF-Forschungsprojekt 01IF23097N
- **Trockeneisstrahlverfahren Geschirreinigung**  
Projektbegleitender Ausschuss zu IGF-Forschungsprojekt 01IF23050N
- **Dielektrophoretische Filter**  
Projektbegleitender Ausschuss zu IGF-Forschungsprojekt 01IF22990N
- **Thermosolubilisierbare Hydrophobierungssysteme**  
Projektbegleitender Ausschuss zu IGF-Forschungsprojekt 01IF22794N
- **Bioinspirierte Polyurethan-Beschichtungen**  
Projektbegleitender Ausschuss zu IGF-Forschungsprojekt 01IF22785N
- **Hydrochrome Tensidsysteme**  
Projektbegleitender Ausschuss zu IGF-Forschungsprojekt 01IF22784BG
- **AIE-aktive Photosensibilisatoren**  
Projektbegleitender Ausschuss zu IGF-Forschungsprojekt 01IF22547N
- **Biologischer Abbau Polyacrylate**  
Projektbegleitender Ausschuss zu IGF-Forschungsprojekt 01IF21946N
- **Nachhaltigkeit in der Gebäudereinigung**  
Arbeitskreis zum Thema: Analyse, Erfassung und Bewertung von Ressourcen bei Reinigungstätigkeiten

## **Reinigungs- und Pflegeempfehlungen**

Reinigungs- und Pflegeempfehlungen, die durch die Arbeitskreise erarbeitet wurden, sind sowohl in der Geschäftsstelle in Krefeld als auch auf der FRT-Homepage (Mitgliederbereich) verfügbar:

- FRT-Leitfaden: Aufbereitung von Reinigungstextilien
- FRT-Leitfaden: elastische Böden
- FRT-Leitfaden: mineralische Bodenbeläge
- FRT-Information: Holzböden (Parkett) – Teil 1
- FRT-Information: Holzböden (Parkett) – Teil 2
- FRT-Information: leitfähige Bodenbeläge
- FRT-Information: Nanobeschichtungen
- FRT-Merkblatt: Laminatböden
- FRT-Merkblatt: rutschhemmende Fliesen
- FRT-Merkblatt: Sanitärarmaturen
- FRT-Merkblatt: Sporthallenböden
- FRT-Merkblatt: Tanzsportböden

## **Forschungsschwerpunkte**

- Analyse und Erarbeitung von wissenschaftlichen Grundlagen der Verfahrenstechnik von Reinigungs-, Desinfektions- und Pflegeprozessen
- Optimierung der Verfahrenstechnik von Reinigungs-, Desinfektions- und Pflegeprozessen zur Verringerung des Bedarfsmiteinsatzes und zur Erhöhung der Verfahrenssicherheit
- Erarbeitung von Zielvorgaben der Reinigung, Desinfektion und Pflege sowie von Bewertungsmethoden
- Entwicklung von Messtechniken zur Ermittlung geeigneter Kenngrößen
- Verringerung der Umweltbelastung durch Reduktion des Betriebsmitteleinsatzes und des Abwasser- und Müllaufkommens durch Verlängerung der Nutzungsdauer der Werkstoffe
- Qualitätssicherung
- Erarbeitung von Reinigungs- und Pflegeempfehlungen

## Abgeschlossene Forschungsprojekte

### **Soil-Release-Beschichtung für textile Bodenbeläge auf der Basis dirigiertfunktionaler Nanocellulose (01IF22255N)**

Ziel des Forschungsvorhabens war eine erneuerbare Soil-Release-Beschichtung zur effizienten Anwendung auf textilen Bodenbelägen im Objektbereich. Diese Soil-Release-Beschichtung basiert auf nanokristalliner Cellulose (NCC) mit speziell zu designenden Polyphosphoester (PPE)-Funktionalitäten an der Oberfläche, deren funktionale Eigenschaften durch die Umgebungsbedingungen gesteuert werden (dirigiertfunktionale Nanocellulose).

PE-Gruppen in der Hauptkette der PPE-Funktionalitäten führen zur flammhemmenden Eigenschaft einer solchen Beschichtung. Hydrophobe, pH-schaltbare Gruppen in den Seitenketten der PPE-Funktionalitäten ermöglichen die Ausbildung reversibler physikalischer Bindungen zwischen unterschiedlichen dirigiertfunktionalen Nanocellulosen sowie zwischen dirigiertfunktionaler Nanocellulose und hydrophober Nutzschiicht des Bodenbelags. Hierdurch besitzt die Soil-Release-Beschichtung unter Anwendungsbedingungen eine hohe Abriebbeständigkeit und Barrierewirkung.

Bei der Grundreinigung induzieren alkalisch aktivierbare Nukleophile in den Seitenketten die Hydrolyse der PPE-Funktionalitäten; zudem kommt es zur Aufhebung der von den pH-schaltbaren Gruppen ausgebildeten Bindungen. Die Beschichtung bzw. die dirigiertfunktionalen Nanocellulosen werden daher als anionische, kurzkettige, wasserlösliche, bioabbaubare Polymersegmente sowie NCC vom Bodenbelag abgelöst. Aufgrund der Emulgierung abgelöster Anschmutzungen durch die NCC wird eine Schmutzreposition verhindert.

Durch die Projektergebnisse wird eine Soil-Release-Beschichtung zur Verfügung gestellt, mit der sich der Aufwand für die Reinigung und Pflege textiler Bodenbeläge deutlich verringern lässt, die die Schwerentflammbarkeit beschichteter Bodenbeläge nicht beeinträchtigt, die den Ansprüchen der Bioökonomie genügt und aus deren Anwendung keine Mikroplastikemission resultiert.

## **Akustomechanische Reinigung textiler Bodenbeläge auf Basis metallischer Helixgarne (IGF 21957 N)**

In Deutschland sind etwa 400 Mio m<sup>2</sup> textile Bodenbeläge im Objektbereich verlegt und jährlich kommen etwa 45 Mio m<sup>2</sup> hinzu. Die Reinigung führt jedoch oft zu langen Trocknungszeiten und kann die textilen Bodenbeläge schädigen. Aufgrund dieser Nachteile werden elastische Bodenbeläge bevorzugt, obwohl textile Bodenbeläge Vorteile wie Wärmedämmung, Akustik, Rutschfestigkeit und hohes Bindevormögen für Feinstaub und Allergene. Um konkurrenzfähig zu bleiben, benötigen Hersteller textiler Bodenbeläge innovative Produkte mit längerer Nutzungsdauer und effizienteren Reinigungsmöglichkeiten. Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens war daher die Entwicklung dieser Bodenbeläge.

Die innovativen Bodenbeläge basieren auf Garnen in Kern-Mantel-Struktur (Helix) sowie einem neuartigen latexfreien Verfahren zur Polnoppendifixierung und Rückenbeschichtung. Die Garne bestehen aus einem Metallkern, der von voluminösen, bauschigen Teppichgarnen umwunden wird, um die typische Charakteristik zu erhalten. Es wurden Helixgarne in zweistufiger, gegenläufiger Umwinderichtung sowie eine Polnoppendifixierung und Rückenbeschichtung nach dem Thermobondingprinzip entwickelt. Die Beanspruchungsprüfungen zeigten mit gewissen Einschränkungen objekttaugliche Ergebnisse, die Anforderungen im Bereich Gesundheit und Sicherheit wurden erfüllt.

Zur Entwicklung einer generell geeigneten Prozessführung zur akustomechanischen Reinigung von textilen Bodenbelägen wurden textile, gezielt verschmutzte Bodenbelagsmonitore hergestellt. Diese dienten zur Charakterisierung der Reinigungswirkung mittels Stoßwellenbehandlung. Die Entwicklung des akustomechanischen Verfahrens zur Reinigung textiler Bodenbeläge erfolgte in einer Laborreinigungsanlage. Es konnten optimale Bedingungen der Stoßwellen- und Prozessparameter für die Schmutzentfernung erarbeitet werden. Die bei den Beanspruchungsprüfungen gefundenen Einschränkungen wurden hier bestätigt. Dennoch konnte grundsätzlich die positive Auswirkung der Helixgarnstruktur mit Metallgarn auf die Entfernung der filmbildenden Anschmutzung bei Stoßwellenbehandlung im Vergleich zu herkömmlicher Schlingenware nachgewiesen werden.

Die Erkenntnisse wurden auf ein Funktionsmuster mit drei Stoßwellenapplikatoren hochskaliert. Es konnte nicht die Reinigungsintensität der herkömmlicher Sprühextraktion erzielt werden. Es konnten Verbesserungsansätze im Hinblick auf Fahrgeschwindigkeit und Einwirkzeit formuliert werden. Mit dem Stoßwellenverfahren mit Flotte und Reinigungsmittel ist im Vergleich zur herkömmlichen Sprühextraktion bei verdoppelter Flächenleistung von einem um 90 % reduziertem Reinigungsmiteleinsatz und einem um 50 % reduzierten Wasserverbrauch auszugehen. Es wurden entsprechende Verfahrensempfehlungen erarbeitet.

Die Kostenbetrachtung der Prozesse zeigte eine grundsätzliche Nutzbarkeit des Ergebnisses vor dem Hintergrund einer industriellen Hochskalierung und der erhöhten Nutzungsdauer von 10 auf 15 Jahre.

### **Catch-Sweep-Fluoreszenzindikator zum kontinuierlichen Monitoring des mikrobiellen Zustands von Tuchspendersystemen (IGF 21939 N)**

Eine unsachgemäße Verwendung von Tuchspendersystemen für die Desinfektion von Oberflächen kann zu Keimkontaminationen dieser Systeme führen. Eine Verwendung der kontaminierten Tücher, beispielsweise auf Oberflächen in medizinischen Einrichtungen, führt folglich unbeabsichtigt zur Kontamination der zu desinfizierenden Flächen.

Für eine kontinuierliche Überprüfung des mikrobiellen Zustandes solcher Tuchspendersysteme wurde in diesem Forschungsprojekt ein Catch-Sweep-Fluoreszenzindikator entwickelt. Ein solcher schnell auswertbarer und kostengünstiger Monitor bietet Vorteile gegenüber den bisher eingesetzten zeit- und kostenintensiven Kultivierungsverfahren. Das Nachweisprinzip des Monitors beruht auf der Bindung von Keimen an enzymatisch hydrolysierbaren, auf einer Indikatoroberfläche immobilisierten Ankerfilamenten, die aus einzelsträngiger DNA bestehen und am freien Ende eine Aptamersequenz zur Bindung von Gram-positiven oder -negativen Keimen tragen.

Spezifische, an Gram-positive oder -negative Bakterien bindende Aptamere wurden mittels SELEX (Systematic Evolution of Ligands by EXponential enrichment) in Desinfektionsmittellösungen entwickelt. Die als Träger der Aptamere

benötigten Ankerfilamente konnten erfolgreich auf der Indikatoroberfläche immobilisiert werden und erwiesen sich als durch kommerziell erhältliche sowie durch von Bakterien sezernierte Nukleasen enzymatisch hydrolysierbar.

An die Ankerfilamente konnten enzymatisch nicht hydrolysierbare Locked Nucleic Acid (LNA)-basierte Aktivatoren gebunden werden. Nach Hydrolyse der Ankerfilamente wurden die Aktivatoren freigesetzt und hybridisierten an die ebenfalls LNA-basierten Fluoreszenzreporter. Durch die Bindung der Aktivatoren an die Fluoreszenzreporter wurde ein starkes Fluoreszenzsignal erzeugt, welches über mehrere Wochen stabil blieb.

Die erzielten Forschungsergebnisse zeigen die Funktionalität der Einzelkomponenten des Catch-Sweep-Fluoreszenzindikator-Systems, so dass auch von der Realisierbarkeit des Gesamtsystems auszugehen ist.

### **At site-Quantifizierung von Fibrinrückständen auf medizinischen Instrumenten (IGF 21936 N)**

Chirurgische und diagnostische Instrumente sind nach Gebrauch stark kontaminiert, so dass eine sorgfältige Aufbereitung notwendig ist, um die Patientensicherheit gewährleisten zu können. Gemäß KRINKO/BfArM-Empfehlung müssen Instrumente sorgfältig gereinigt, desinfiziert und ggf. sterilisiert werden. Für die Aufbereitung sind spezialisierte Einheiten (AEMP) in Krankenhäusern, Arzt- und Zahnarztpraxen sowie Medizinischen Versorgungszentren zuständig. Die Medizinprodukte-Betreiberverordnung (MPBetreibV) fordert, dass die Aufbereitung mit validierten Verfahren durchgeführt und regelmäßig überprüft wird. Regelmäßige Kontrollen der Instrumente stellen sicher, dass keine Kontaminationen verbleiben, die die Desinfektions- und ggf. Sterilisationsprozesse beeinträchtigen. Bei der Kontrolle der Reinigung dient der Restproteingehalt als Leitparameter. Die KRINKO/BfArM-Empfehlung fordert, dass ein Restproteingehalt von 100 µg pro Instrument bzw. 3 µg/cm<sup>2</sup> Instrumentenoberfläche nicht überschritten werden darf (Warngrenze). Als die am schwierigsten zu entfernende Komponente von Blutverschmutzungen gilt Fibrin, welches nicht wasserlöslich ist und durch praxisübliche Elutionsmethoden nicht erfasst werden kann.

Zur einfachen Kontrolle der Reinigungswirkung wurde eine Methode entwickelt, die auf einem Fibrin-bindenden Hybridmolekül basiert und die Messung von Fibrinrückständen direkt auf der Instrumentenoberfläche (*at site*-Quantifizierung) ermöglicht.

Das entwickelte Hybridmolekül bestehend aus einem Träger-Oligonukleotid, einem Fibrin-bindenden CREKA-Pentapeptid und Signal-Oligonukleotiden, welche bei erhöhter Temperatur freigesetzt werden und sich eluieren und quantifizieren lassen. Die spezifische Bindung des Hybridmoleküls an Fibrin (*at site*) wurde mittels Fluoreszenzmikroskopie nachgewiesen. Die freigesetzten Signal-Oligonukleotide lassen sich durch einen entwickelten Fluoreszenz-Indikator quantifizieren, welcher auf einem sogenannten Flip up-Mechanismus basiert. Hierbei binden die thermisch abgelösten Signal-Oligonukleotide an spezielle *Flip up*-Oligonukleotide, wodurch eine Ablösung der *Flip up*-Oligonukleotide von Graphenoxid erreicht wird, was in der Generierung eines Fluoreszenzsignals resultiert.

Die *at site*-Quantifizierungsmethode wurde erfolgreich auf stark mit Blut verschmutzten Crile-Arterienklemmen nach einer maschinellen Reinigung und Zwischenspülung erfolgreich angewendet. Die Ergebnisse belegen die Eignung der Methode, sodass nun erstmals unlösliche Fibrinrückstände auch ohne spezielle und häufig zerstörende Untersuchungsmethoden einfach und sicher quantifiziert werden kann.

### **Magnetosensitive Pflegebefilmungen für elastische Bodenbeläge zur automatisierten, prozessintegrierten Ermittlung der Befilmungsqualität (IGF 21876 N)**

Die Reinigung und Pflege elastischer Bodenbeläge im Objektbereich stellt ein wichtiges Marktsegment für Gebäudereinigungsunternehmen dar. Um die Nutzungsdauer zu erhöhen und das optische Erscheinungsbild zu erhalten, werden elastische Bodenbeläge mit Pflegedispersionen befilmt, die einen Schutz vor Kratzern, Abrieb sowie Gehspuren bieten und das Reinigungsverhalten verbessern.

Um irreversible Schäden an Bodenbelägen zu vermeiden, erfolgt meist deutlich vor Beeinträchtigung der Schutzfunktionen aufgebracht Pflegebefilmungen

eine Grundreinigung und Neubefilmung. Die Erneuerung einer Pflegebefilmung ist jedoch mit hohem Personal- und Zeitaufwand verbunden.

Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung magnetosensitiver Pflegebefilmungen (Befilmungen mit inkludierten magnetischen Sonden) sowie eines Verfahrens zur automatisierten, prozessintegrierten Ermittlung der Befilmungsqualität (Schichtdicke und strukturelle Homogenität) mit derartigen Pflegebefilmungen versehener, elastischer Bodenbeläge. Zur Erfassung der Befilmungsqualität werden die in den magnetosensitiven Pflegebefilmungen eingebrachten magnetischen Sonden durch ein externes Magnetfeld ausgerichtet und die resultierende magnetische Feldstärke mittels Magnetometer ausgelesen. Hierbei ist die erfasste Signalstärke abhängig von der Menge ausgerichteter Sonden, die direkt mit der am Messpunkt vorliegenden Schichtdicke korreliert. Im Rahmen des Projektes wurde ein Funktionsmuster für die orts aufgelöste Messung von Magnetfeldern entwickelt. Mit dem entwickelten Funktionsmuster lassen sich Fehlstellen (Hervorgerufen durch mechanischen oder chemischen Abtrag) in der Befilmung mit einer Größe von mind. 2,5 mm automatisiert erkennen, d.h. eine räumlich aufgelöste Messung der Befilmungsqualität ist möglich.

Basierend auf den erzielten Projektergebnissen wurde in Kooperation mit dem Projektbegleitenden Ausschuss ein Konzept zur maschinentechnischen Implementierung einer Mess- und Auswerteeinheit zur Ermittlung der Befilmungsqualität elastischer Bodenbeläge erstellt, wobei sowohl die Integration bei der Entwicklung neuer Maschinen als auch die Nachrüstung vorhandener Maschinenparks berücksichtigt wurde, so dass ein schneller Übertrag in die Praxis möglich ist.

Durch das neue Verfahren zur Bewertung der Befilmungsqualität ist eine bedarfsgerechte Erneuerung von Pflegebefilmungen und somit eine wirtschaftliche Behandlung von elastischen Bodenbelägen möglich.

---

## **Prozess-induzierte Freisetzung von Peptidmimetika zur Gewährleistung einer nachhaltigen Hygiene elastischer Bodenbeläge (IGF 21831 N)**

Oberflächen, einschließlich Fußböden, können in Krankenhäusern als Kontaminationsquelle für humanpathogene Erreger (u.a. Bakterien, Viren) fungieren. Von diesen Oberflächen können Erreger beispielsweise über Hände und Pflegehilfsmittel oder auch durch Staub und Luftverwirbelungen auf Patienten oder infektiionsrelevante Flächen (z.B. Flächen im patientennahen Umfeld wie Bettgestelle, Nachttische, medizinische Geräte) und Instrumente übertragen werden. Eine sachgerechte Flächenreinigung und -desinfektion liefert somit einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung nosokomialer Infektionen. Da Bodenflächen den weitaus größten Anteil aller Oberflächen ausmachen und darüber hinaus deren Keimkontamination um ein Vielfaches höher ist als die Kontamination anderer Flächen, kommt der Fußbodenreinigung beziehungsweise -desinfektion eine besondere Bedeutung zu.

Die Art, der Umfang und die Häufigkeit von Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen werden in Krankenhäusern durch Hygienefachpersonal bzw. die Hygienekommissionen festgelegt. Für Fußböden in Krankenhäusern (größtenteils befilmte elastische Bodenbeläge) ist mindestens eine tägliche Unterhaltsreinigung vorgeschrieben. In führenden Fachkreisen sowie seitens der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene wird empfohlen, dass Flächen in Patientenumgebung, wie beispielsweise Fußböden, routinemäßig desinfiziert werden. Nach der desinfizierenden Unterhaltsreinigung erfolgt jedoch aufgrund der permanenten Begehung der Fußböden eine sehr schnelle Rekontamination mit Erregern. Derzeit stehen jedoch keine effizienten Verfahren zur Verfügung, die eine nachhaltige Hygiene von in Krankenhäusern überwiegend verlegten elastischen Bodenbelägen gewährleisten.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden daher bioinspirierte Befilmungen zur Realisierung einer nachhaltigen Hygiene elastischer Bodenbeläge entwickelt. Derartige bioinspirierte Befilmungen werden bei der täglichen Unterhaltsreinigung partiell unter Freisetzung von bioinspirierten antimikrobiellen Wirkstoffen, den sogenannten Peptidmimetika, aufgelöst. Derartige Peptidmimetika sind in ihren Strukturen natürlichen antimikrobiellen Peptiden nachempfunden, die von einer

Vielzahl an Organismen (z. B. Mikroorganismen, Insekten, Pflanzen, Amphibien, Vögel, Fische, Säugetiere und Menschen) als Teil ihrer Abwehrmechanismen produziert werden. Im Gegensatz zu ihren natürlichen Vorbildern lassen sich Peptidmimetika kostengünstig im großtechnischen Maßstab herstellen.

Die bei der Unterhaltsreinigung aus den bioinspirierten Befilmungen freigesetzten Peptidmimetika führen zur Inaktivierung von Erregern: Zwischen zwei Dekontaminationsmaßnahmen werden Erreger, die auf die Befilmung auftreffen, umgehend inaktiviert (antibakterielle bzw. antivirale Wirkung). Bei einer Kontamination mit hohen Konzentrationen an Erregern (z. B. in Form von potentiell infektiösen Anschmutzungen) wird während der Unterhaltsreinigung oder der lokalen Entfernung unter Einwirkung eines Reinigers eine desinfizierende Wirkung der Befilmungen initiiert.

### **Bioimpedimetrisches Monitoring von Desinfektionsprozessen mittels polarisierbarer Membranmodelle (IGF 21829 N)**

In der Branche der Reinigungsdienstleistungen (z. B. Gebäude- und Industriereinigung, Aufbereitung von Textilien und Medizinprodukten) hat u. a. aufgrund des hohen Kostendrucks und zunehmenden Fachkräftemangels die Digitalisierung längst Einzug gehalten, wobei automatisierbare Verfahren auch im Rahmen des Qualitätsmanagements von Bedeutung sind.

Ziel des Forschungsvorhabens war ein Verfahren zum bioimpedimetrischen Monitoring von Desinfektionsprozessen zu entwickeln, das auf der impedimetrischen Analyse an interdigitalen Mikroelektroden angelagerter polarisierbarer Membranmodelle beruht und eine unmittelbare Bewertung der Wirksamkeit von Dekontaminationsmaßnahmen (Desinfektion inkl. desinfizierender Reinigung, Sterilisation) erlaubt. Dadurch könnten Fehler wesentlich schneller identifiziert und die Hygienesicherheit weiter optimiert werden.

Durch Inkludierung eines Polyelektrolyten (Polyacrylsäure oder Polystyrolsulfonat) bei der Herstellung liposomaler Membranen auf Basis des anionischen Phospholipids 1-Palmitoyl-2-oleoyl-sn-glycero-3-phosphorylglycerol in Kombination mit Stearylamin und Cholesterin ließen sich polarisierbare Membranmodelle

erstellen, welche nach Anlagerung an interdigitale Mikroelektroden impedimetrisch charakterisiert werden konnten. Die zu messende Impedanz war von der Menge an intakten Membranmodellen abhängig. Folglich konnte eine Schädigung der Membranmodelle, die mit einer Abnahme der Membranintegrität bzw. einem Austritt des Polyelektrolyten einherging, impedimetrisch verfolgt werden. Unter Ermittlung eines geeigneten Frequenzbereiches wurde ein Messverfahren etabliert. Ferner wurden diverse Auswertemodelle erstellt, die u.a. eine Quantifizierung der Membranmodelle ermöglichen oder zur Beschreibung der Thermo- oder/und Chemosensitivität der polarisierbaren Membranmodelle dienen.

Solch ein Verfahren zum bioimpedimetrischen Monitoring von Desinfektionsprozessen würde Reinigungsdienstleister (mehr als 30.000 Betriebe) und textile Dienstleister (ca. 2.300 Betriebe) erstmals in die Lage versetzen, die Wirkung der von ihnen durchgeführten Dekontaminationsmaßnahmen eigenständig und unmittelbar bewerten zu können.

**On-demand-Inaktivierung mikrobieller Kontaminationen im  
Feuchtmittelkreislauf von Offset-Druckmaschinen mit 3D-gedruckten,  
biodegradierbaren Hydrogelen  
(IGF 21626 N; zusammen mit FOGRA)**

Die Betriebe der Druckindustrie haben hohe Aufwendungen, die aus der regelmäßigen Reinigung und Pflege der Feuchtmittelkreisläufe von Offset-Druckmaschinen zur Vermeidung von Biofilmbildung oder der Beauftragung von Reinigungsdienstleistern entstehen.

Die Verkeimung von Feuchtmittelkreisläufen wird durch stetig reduzierten Einsatz von Isopropanol immer kritischer. Hinzu kommt die neue Einstufung von konventionell eingesetzten Bioziden, die dazu führt, dass Feuchtmittelzusätze nur noch geringe Mengen biozider Substanzen aufweisen.

Diese Umstände machen es notwendig, antimikrobielle Substanzen nur in spezifisch bedarfsgerechter Dosierung in Feuchtmittelkreisläufen freizusetzen, um Biofilmbildung zu unterbinden und kosten- und zeitintensive Reinigungsarbeiten zu minimieren.

Daher wurde im Rahmen des Forschungsprojektes ein von Mikroorganismen degradierbares Hydrogel zur on-demand-Freisetzung antimikrobieller Peptide in Feuchtmittelkreisläufen aus leicht verfügbaren und kostengünstigen Rohstoffen entwickelt.

Das System besteht aus einem neuartigen, durch mikrobielle Enzyme degradierbaren 3D-gedruckten Hydrogelnetzwerk mit eingebetteten DNA-Polyacrylamid-Mikrokapseln, die mit antimikrobiellen Peptiden beladen sind.

Die beladenen Mikrokapseln werden über eine Aptamer-vermittelte Hybridisierungskettenreaktion mit einer DNA-Polyacrylamidhülle versehen und durch zu entwickelnde Anker-Aptamere an das Hydrogelnetzwerk gebunden.

Die Mikrokapseln verhindern eine unkontrollierte Freisetzung der antimikrobiellen Peptide ins Feuchtmittel. Bei Kontamination mit Bakterien wird das Hydrogel degradiert, was zur Öffnung der Kapseln und zur lokalen bedarfsgerechten Freisetzung der antimikrobiellen Peptide und somit zur Inaktivierung mikrobieller Kontaminationen führt.

### **Bewertung der Desinfektionsleistung bei katalytischer UVA-Behandlung schwach mikrobiell belasteter Wässer (Cornet 281 EN)**

Die Desinfektion mit UVC-Strahlung ist ein seit Jahrzehnten angewandtes Verfahren und kommt bei der Desinfektion von Oberflächen und schwach belasteten Wässern (wie z. B. Trinkwasser, Kläranlagenabläufe) zum Einsatz. UVC-Strahlung inaktiviert Mikroorganismen, indem sie ihre Desoxyribonukleinsäure (DNA) schädigt. Da Mikroorganismen über DNA-Reparaturmechanismen verfügen, birgt dies das Risiko einer Reaktivierung. Darüber hinaus ist der Einsatz von UVC-Strahlung insbesondere zur Desinfektion von schwach belasteten Wässern mit nicht unerheblichen Energiekosten verbunden.

Vor diesem Hintergrund wurde am wfk-Institut in Zusammenarbeit mit den belgischen Kooperationspartnern CELABOR (Projektkoordinator) und dem Fachbereich Chemieingenieurwesen (Schwerpunkt: Nanomaterialien, Katalyse, Elektrochemie) der Universität Liège ein Forschungsprojekt durchgeführt, in dem ein

Verfahren zur photokatalytischen UVA-Behandlung von natürlichen Badewässern entwickelt wurde.

Das Teilprojekt des wfk-Instituts befasste sich schwerpunktmäßig mit der Beurteilung der mit dem neuen photokatalytischen Prozess unter UVA-Anregung zu erzielenden Desinfektionswirkung. Untersuchungen zur Aufklärung des Mechanismus der Zellschädigung ergaben, dass die photokatalytische UVA-Bestrahlung zu einem Verlust der Membranintegrität, einer Abnahme des Membranpotenzials und einer Lipidperoxidation führte; eine oxidative Schädigung der DNA wurde unter Einsatz des Markermoleküls 8-OhdG nicht nachgewiesen. Folglich hat die photokatalytische UVA-Behandlung gegenüber der UVC-Bestrahlung den Vorteil, dass sie die mikrobiellen Zellmembranen schädigt.

Am wfk-Institut wurde zudem die Eignung der photokatalytischen UVA-Bestrahlung zur Aufbereitung von mikrobiell schwach belasteten Prozesswässern z. B. aus textilen Dienstleistungsbetrieben untersucht.

### **Stimulus-amphiphile Tensidsysteme zur Reinigung textiler Bodenbeläge (IGF 21537 N)**

Zur Erhöhung der Nutzungsdauer und zum Erhalt ihres optischen Erscheinungsbilds ist eine regelmäßige (üblicherweise jährliche) Grundreinigung textiler Bodenbeläge durch die Reinigungsdienstleister in vielen Bereichen unumgänglich. Hierbei wird die erwärmte Reinigungsflotte (30 - 50 °C) in die Nutzschrift der textilen Bodenbeläge eingebracht (Reinigungsschritt) und anschließend zusammen mit abgelöstem Schmutz unter Einsatz von Frischwasser (15 - 20 °C) entfernt (Spülschritt).

Insbesondere zur Entfernung öl- und fetthaltiger Anschmutzungen ist ein Einsatz von Tensiden zur effektiven Schmutzentfernung bei der Grundreinigung textiler Bodenbeläge unabdingbar. Tenside sind amphiphile Moleküle aus einem hydrophilen und einem hydrophoben Teil.

Aufgrund ihrer amphiphilen Struktur reichern sich Tenside beim Reinigungsprozess an Wasser/Luft-, Wasser/Material- und Wasser/Schmutz-Grenzflächen an und verbessern so die Benetzbarkeit der angeschmutzten textilen Bodenbeläge

mit der Reinigungsflotte, lösen Anschmutzungen effektiv von den Florfasern ab und stabilisieren die abgelösten Anschmutzungen in der Reinigungsflotte.

Die amphiphile Struktur bzw. die daraus resultierenden grenzflächenaktiven Eigenschaften von Tensiden führen dazu, dass sich Tenside im Spülschritt nur schwer wieder von Florfasern der textilen Bodenbeläge entfernen lassen. Zur Verringerung des Resttensidgehalts der Florfasern ist im Rahmen der Grundreinigung daher ein hoher Aufwand (Wassereinsatz, Dauer) im Spülschritt notwendig. Trotzdem lassen sich Rückstände von in den Reinigungsmitteln enthaltenen Tensiden nicht vermeiden. Auf den Florfasern verbliebene Reinigungsmitteltenside verstärken die Schmutzhaftung an den textilen Bodenbelägen, so dass es zu einer schnellen Wiederanschmutzung kommt.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden daher Stimulus-amphiphile Tensidsysteme entwickelt, die eine Minimierung des Resttensidgehalts textiler Bodenbeläge bei der Grundreinigung unter verringertem Aufwand im Spülschritt ermöglichen. Derartige Stimulus-amphiphile Tensidsysteme zeigen eine reversible Schaltbarkeit zwischen einem hydrophilen und einem amphiphilen Zustand (hydrophil/amphiphil-Schaltbarkeit) und somit eine Schaltbarkeit ihrer Tensidcharakteristika (Amphiphilie, Benetzungsverhalten, Solubilisierungsvermögen) in Abhängigkeit von der Temperatur (Stimulus). Als Stimulus für die hydrophil/amphiphil-Schaltbarkeit werden bei der Grundreinigung auftretende Änderungen der Temperatur genutzt. Hierdurch besitzen die Stimulus-amphiphilen Tensidsysteme im Reinigungsschritt eine hohe Effizienz bei der Benetzung der Florfasern sowie bei der Schmutzablösung und zeigen ein hohes Solubilisierungsvermögen für Anschmutzungen (amphiphiler Zustand der Stimulus-amphiphilen Tensidsysteme). Im Spülschritt lassen sie sich mit geringem Aufwand (verringertes Wasserbedarf, Dauer) von den Florfasern ablösen (hydrophiler Zustand der Stimulus-amphiphilen Tensidsysteme).

### **Immobilisierbare Scorpion Primer zum Nachweis viraler Erreger (IGF 21453 N)**

Viren stellen kontagiöse, zum Teil hochinfektiöse Erreger dar, welche sich schnell ausbreiten und zu Krankheitsausbrüchen mit vielen Betroffenen führen können.

Virale Erreger können auf unbelebten Oberflächen persistieren. Die Einhaltung von Hygienerichtlinien ist daher ein wesentlicher Schritt in der Bekämpfung virusbedingter Infektionen. Durch gezielte Reinigungs-/Desinfektionsmaßnahmen ist es möglich, Infektionsketten zu unterbrechen. Die desinfizierende Reinigung von Oberflächen bzw. desinfizierende Aufbereitung von Textilien bedarf jedoch effektiver Kontrollmaßnahmen im Rahmen des Hygienemanagements.

Ziel des Forschungsprojektes war, immobilisierbare Scorpion Primer zu entwickeln, die einen Nachweis viraler Erreger ermöglichen. Das Nachweisprinzip beruht auf der spezifischen Erkennung viraler Erreger durch stimulussensitive Liposomen, die bei Bindung viraler Erreger-spezifische, synthetische DNA-Stränge (DNA: Desoxyribonukleinsäure) freisetzen. Die stimulussensitiven Liposomen enthalten mit Antikörpern funktionalisierte Fettsäurederivate in ihren Membranen, an denen die viralen Erreger binden, was zur Destabilisierung der liposomalen Membran führt. Die freigesetzten DNA-Stränge werden unter Einsatz oberflächengebundener Scorpion Primer isothermal amplifiziert, wobei ein Fluoreszenzsignal generiert wird. Durch das spezifische Design der synthetischen DNA wird die Regenerierung der oberflächengebundenen Scorpion Primer möglich.

Mit DNA präparierte und mit Antikörpern funktionalisierte Liposomen wurden hergestellt, die bei Bindung an einen viralen Erreger (Bakteriophage M13) destabilisiert wurden. Scorpion Primer wurden entwickelt, die bei Vervielfältigung der DNA in ihre fluoreszierende Konformation übergingen und die ohne Beeinträchtigung ihrer Funktionalität an Oberflächen gebunden wurden. Ein Enzym (*HaeIII*) wurde identifiziert, das einzelsträngige DNA schneidet und sich prinzipiell zur Regeneration der Scorpion Primer eignet. Eine Methode zur isothermalen Vervielfältigung der freigesetzten DNA unter Einsatz der oberflächengebundenen Scorpion Primer wurde etabliert, die als Helikase-abhängige Amplifikation (HDA) bezeichnet wird. Bei Erprobung des entwickelten Nachweises wurde in Gegenwart von Phagen ein Fluoreszenzsignal generiert.

---

### **Künstliche Intelligenz zur Bestimmung der Rutschhemmungsklasse verlegter elastischer Bodenbeläge (IGF 21357 N)**

In Deutschland ereigneten sich im Jahr 2018 über 175.000 Stolper-, Rutsch- und Sturzunfälle in Arbeitsstätten. Die Verantwortung für die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen an die Rutschhemmung von Bodenbelägen wird vertraglich zunehmend auf die Gebäudereiniger übertragen. Schadensersatzansprüche werden direkt an die Gebäudereiniger weitergegeben, die dann nachweisen müssen, dass nicht unsachgerechte Reinigung und Pflege die Unfallursache war. Zum innerbetrieblichen Monitoring der Rutschhemmung steht Gebäudereinigern derzeit kein rentabel einsetzbares Verfahren zur Verfügung. Die Durchführung eines nach BGI/GUV-I 8687 empfohlenen Prüfverfahrens ist mit einem erheblichen Personal- und Zeitaufwand verbunden.

Ziel des Forschungsvorhabens war ein automatisiertes, zerstörungsfreies Verfahren zur Vor-Ort-Bestimmung der R-Klasse elastischer Bodenbeläge zu entwickeln. Ein solches Messverfahren lässt sich unter Einsatz künstlicher Intelligenz realisieren, welche die R-Klasse anhand charakteristischer Kenngrößen der Elastizität, Viskosität, Plastizität, Rauheit und Adhäsion (Material-/Oberflächeneigenschaften des Bodenbelags) sowie Temperatur und Luftfeuchtigkeit berechnet. Die Messwerte werden von drei verschiedenen Messgeräten (Laser-Distanz-Sensor, 3-Achsen- und 1-Achsen-Kraftsensor) ermittelt, die in einer selbstfahrenden, automatisiert gesteuerten Messeinheit integriert sind.

Das Forschungsprojekt zeigte das Potential von künstlicher Intelligenz bei der Vorhersage von Rutschhemmungsklassen und deren Anwendung in der Prävention von Ausrutschunfällen. Die Integration von KI-Modellen in Messeinheiten ermöglicht eine schnelle und genaue Bestimmung der Rutschhemmung von Bodenbelägen.

## **Dynamisch vernetzte Pflegebefilmungen für elastische Bodenbeläge (IGF 21338 N)**

Zur Erhöhung der Nutzungsdauer und zum Erhalt ihres optischen Erscheinungsbilds werden elastische Bodenbeläge mit polymeren Pflegedispersionen befilmt. Die Pflegebefilmungen verbessern das Anschmutz-, Reinigungs- und Verschleißverhalten der Bodenbeläge und bieten Schutz vor Kratzern, Abrieb sowie anderen Schäden durch Begehung. Pflegebefilmungen besitzen jedoch eine begrenzte Lebensdauer, da sie durch mechanische Beanspruchung beim Gebrauch abgetragen werden und hierdurch der Schutz elastischer Bodenbeläge vor mechanischer Abnutzung und/oder vor Migration permeierender Schmutzkomponenten (Barrierewirkung) abnimmt bzw. nicht mehr gegeben ist. Vor allem in Bereichen mit hoher Beanspruchung ist nach längerer Nutzungsdauer daher eine Grundreinigung mit anschließender Neubefilmung notwendig. Die Erneuerung einer Pflegebefilmung ist sehr zeit-, personal- und kostenintensiv und führt zu erheblichen Verzögerungen im Betriebsablauf des Gebäudebetreibers. Eine partielle Erneuerung herkömmlicher Pflegebefilmungen ist derzeit nur unter erheblichem Aufwand möglich: Die alte Befilmung wird oberflächlich abgeschliffen und anschließend neue Pflegedispersion aufgebracht. Nach dem Trocknen müssen die Bereiche, in denen erneuerte und alte Befilmung überlappen, durch mechanische Behandlung angeglichen werden. Trotz Angleichens führt die partielle Erneuerung einer Befilmung häufig zu sichtbaren Ansatzstellen zwischen erneuerten und alten Bereichen. Bei Schmutzmigration in die Pflegebefilmung ist eine partielle Erneuerung nicht möglich, da immer alte Befilmung und somit auch darin vorliegende Anschmutzungen auf dem Bodenbelag verbleiben. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden daher dynamisch vernetzte Pflegebefilmungen für elastische Bodenbeläge entwickelt, die eine hohe Beständigkeit gegenüber mechanischer Beanspruchung beim Gebrauch besitzen und sich mit geringem Aufwand partiell (z.B. im Bereich der Laufstraßen) oder vollflächig (z.B. ganzer Raum) ohne vorherige Entfernung oder Vorbehandlung der alten Befilmung erneuern lassen. Die Verknüpfungspunkte des Polymernetzwerks (dynamische kovalente Bindungen) derartiger dynamisch vernetzter Pflegebefilmungen befinden sich in einem temperaturabhängigen Gleichgewicht. Hierbei wird eine dynamische, kovalente Bindung erst dann gebrochen, wenn zeitgleich eine neue Bindung gebildet wird (assoziativer Bindungsaustausch), d.h. die

Anzahl der Verknüpfungspunkte im Netzwerk und folglich auch dessen Kohäsionskraft bleiben gleich. Unter Gebrauchsbedingungen (Raumtemperatur) ist die Geschwindigkeit der assoziativen Bindungsaustauschreaktionen im Polymernetzwerk vernachlässigbar gering, so dass die dynamisch vernetzte Pflegebefilmung in einem festen Zustand hoher Formstabilität und Verschleißfestigkeit vorliegt. Unter Regenerierungsbedingungen (Temperatur z.B. 90 °C) sind die assoziativen Bindungsaustauschreaktionen im Polymernetzwerk schnell, und die dynamisch vernetzte Pflegebefilmung geht in einen fließfähigen, mechanisch verformbaren Zustand über. Dadurch werden lokale Schädigungen automatisch ausgeglichen, da dynamisch vernetzte Pflegebefilmung aus den Randbereichen der lokalen Schädigungen in diese Vertiefungen hineinfließt und sie ausfüllt (thermisch induzierte Selbstheilung der dynamisch vernetzten Pflegebefilmungen). Bei großflächiger Schädigung ist eine partielle oder vollflächige Erneuerung der dynamisch vernetzten Pflegebefilmung unter Ausbildung eines homogenen Polymernetzwerks möglich. Die Applikation bzw. Reapplikation (z.B. Sprühapplikation) der dynamisch vernetzten Pflegebefilmung erfolgt in Form flüssiger, niedrigviskoser Präpolymere, in denen dynamisch kovalente Bindungen vorliegen. Über thermisch initiierte radikalische Polymerisation der Präpolymere erfolgt die Bildung des Polymernetzwerks der Pflegebefilmung. Bei Vorliegen alter dynamisch vernetzter Pflegebefilmung auf dem Bodenbelag führen die thermische Behandlung bzw. die daraus resultierenden schnellen Bindungsaustauschreaktionen zur Bildung eines homogenen Netzwerks aus alter und neuer Befilmung. Eine schnelle, gezielte Temperaturerhöhung und eine homogene Temperaturverteilung werden durch NIR-Absorber in den dynamisch vernetzten Pflegebefilmungen erzielt (Anregung mit geeigneten Lichtquellen, z.B. NIR-LEDs). Bei einem Eintrag von Schmutz in die Netzwerkstruktur kann die dynamisch vernetzte Pflegebefilmung ferner partiell oder vollflächig abgetragen werden. Aufgrund der hohen Kohäsionskraft der dynamisch vernetzten Pflegebefilmung bei gleichzeitig geringer Haftung am Bodenbelag (Aufhebung mechanischer Verankerungen der Befilmung im Bodenbelag aufgrund von deren Fließfähigkeit sowie temperaturbedingte Schwächung physikalisch-chemischer Wechselwirkungen zwischen Befilmung und Bodenbelag) unter Regenerierungsbedingungen kann die Befilmung mittels eines geeigneten scharfkantigen Werkzeugs (z.B. Edelstahlscraper) vom Bodenbelag abgelöst werden (z.B. bahnenweise).

---

## **Quasi-liquide Beschichtungssysteme auf Basis trifunktionaler Polymere zur Generierung öl- und wasserabweisender Oberflächen (IGF 21239 N)**

Eine regelmäßige Fassadenreinigung ist für den Werterhalt eines Objektes unerlässlich. Insbesondere die Reinigung poröser Fassadenmaterialien (z.B. Putz, Beton) stellt jedoch eine Herausforderung dar, da hartnäckige Verschmutzungen oft tief in derartige Baustoffe eindringen und sich in der porösen Struktur einlagern. Hauptursache für die Verschmutzung von Fassaden sind ubiquitäre industrielle und verkehrsbedingte Emissionen wie fett- und öltartige Substanzen oder Dieselruß. Fett- und öltartige Substanzen benetzen die Oberfläche der Fassadenmaterialien und bilden hierbei einen fest anhaftenden, klebrigen Film aus (Primäranschmutzung), der die Anlagerung weiterer Schmutzkomponenten (Sekundäranschmutzung, z.B. Ruß) begünstigt. Im Schmutz enthaltene Nährstoffe und Feuchtigkeit fördern ferner Moos- und Algenbewuchs oder Schimmelbefall der Fassaden (sekundärer mikrobieller Befall). Da bei porösen Fassadenmaterialien die hartnäckigen Anschmutzungen besonders tief eindringen, sind sie oft nur unter hohem Aufwand und Einsatz großer Mengen an Reinigungschemikalien zu entfernen. Quasi-liquide Beschichtungssysteme zur Generierung öl- und wasserabweisender Oberflächen auf porösen Fassadenmaterialien wurden daher entwickelt. Derartige quasi-liquide Beschichtungssysteme basieren auf trifunktionalen Polymeren, die sich aus einer Polydimethylsiloxan-(PDMS)-Gruppe sowie einer solvophilen, kovalent vernetzbaren, substrataffinen Gruppe zusammensetzen. In wässriger Lösung bilden die trifunktionalen Polymere durch Zusammenlagern der PDMS-Gruppen Assoziationskolloide aus, wobei die solvophilen, kovalent vernetzbaren, substrataffinen Gruppen die PDMS-Gruppen von der wässrigen Phase abschirmen und für eine hohe Wasserlöslichkeit der Kolloide sorgen. Nach der Applikation kommt es im Trocknungsprozess zu einer Anreicherung der Assoziationskolloide auf der Fassadenoberfläche. Aufgrund der Inversion der Polarität an der Grenzfläche (Wasser zu Luft) kommt es im Folgenden zur Öffnung der Assoziationskolloide unter Ausbildung einer Schicht an ausgerichteten PDMS-Ketten an der Oberfläche des porösen Fassadenmaterials. Kovalente Bindungen zwischen trifunktionalen Polymeren und Bestandteilen des Fassadenmaterials führen zu einer hohen Haftung und Stabilität des so ausgebildeten quasi-

liquiden Beschichtungssystem. Aufgrund der hohen Beweglichkeit der ausgerichteten PDMS-Ketten des quasi-liquiden Beschichtungssystems werden auch Flüssigkeiten niedriger Oberflächenspannung von beschichteten porösen Fassadenmaterialien abgewiesen und gleiten von diesen ab, wodurch die Verschmutzung beschichteter Fassaden deutlich verlangsamt werden kann. Die weiterhin gute Benetzbarkeit der quasi-liquiden Beschichtungssysteme durch Wasser ermöglicht zudem eine einfache, schnelle und materialschonende wässrige Reinigung beschichteter poröser Fassadenmaterialien.

### **Konvergenz-Amplifikation und Fluoroswitch-Detektion zum Nachweis hygienerelevanter ESKAPE-Erreger (IGF 21186 N)**

Ziel des Forschungsvorhabens war ein kultivierungsunabhängiger Nachweis für die simultane Detektion aller sechs nosokomialen ESKAPE-Erreger (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Enterobacter* spp.) zur Kontrolle des Hygienestatus von desinfizierten Oberflächen in medizinischen Einrichtungen. Der simultane Nachweis einzelner Zellen beruht auf einer isothermalen Konvergenz-Amplifikation spezifischer DNA-Zielsequenzen, die ein einheitliches Amplifikationsprodukt (Amplikon) als Summenparameter erzeugt. Der Nachweis des Amplikons erfolgt durch einen immobilisierten Fluoroswitch, bei dem das Amplikon an eine komplementäre DNA bindet, die auf der Oberfläche von Goldnanopartikeln immobilisiert ist und am freien Ende ein Quantum Dot trägt. Dessen Fluoreszenz wird aufgrund der konformationsbedingten Nähe zwischen Quantum Dot und Goldpartikel unterbunden (switch off). Bei Bindung des Amplikons wird die erzwungene Konformation der DNA aufgehoben; diese streckt sich, und das Quantum Dot zeigt aufgrund des vergrößerten Abstandes zur Goldoberfläche eine starke Fluoreszenz (switch on). Der Fluoroswitch ist regenerierbar und kann für zahlreiche Nachweisreaktionen eingesetzt werden. Der Nachweis ermöglicht die Detektion einzelner Zellen der ESKAPE-Erreger innerhalb von 45 Minuten.

---

## **Inverse Streamer-Corona-Entladung zur Trockendesinfektion textiler Bodenbeläge mit Elektrodenflor (IGF 21108 N)**

Ziel des Forschungsvorhabens war die Trockendesinfektion und -desodorierung textiler Bodenbeläge mittels inverser Streamer-Corona-Entladung. Dazu wurden Funktionsmuster textiler Bodenbeläge mit in Grund- und Nutzschiicht integrierten 3D-Elektroden aus leitfähigen Fäden (Elektrodenflor) sowie ein auf derartige Bodenbeläge abgestimmtes Funktionsmuster eines Reinigungsgerätes zur Erzeugung von Streamer-Corona-Entladungen entwickelt. Zur Entwicklung des Reinigungsgerätes wurden eine Hochspannungsquelle und eine Elektrode geeigneter Geometrie sowie ein Zu- und Abluftsystem in einen praxisüblichen Bürstsauger integriert. Die Schmutzentfernung erfolgte wie bisher durch Bürstsaugen in einem Arbeitsgang. Ferner wurden geeignete Elektroden- und Verfahrensparameter (z.B. Spannung und Frequenz der Wechselfspannung, Elektrodengeometrie und -abstand) für eine effiziente Trockendesinfektion und -desodorierung textiler Bodenbeläge mit Elektrodenflor erforscht. Dadurch wurde sichergestellt, dass eine Keimreduktion und Desodorierung des textilen Bodenbelags durch die gesamte Nutzschiicht bis hin zur Grundschiicht durch eine inverse Streamer-Corona-Entladung erzielt wird. Mit dem entwickelten Corona-Bürstsauger konnte unter optimalen Bedingungen Keimreduktion sowie Geruchs- und Fleckentfernung ohne Schädigung des textilen Bodenbelags erreicht werden. Die erreichte Keimreduktion wird dabei durch die Limitierung der eingebrachten Wirkleistung aufgrund von Textilschädigung begrenzt. Da das entwickelte Verfahren während der regelmäßigen Unterhaltsreinigung angewendet werden soll, ist davon auszugehen, dass durch die wiederholte Anwendung der Corona-Entladung die Mikroorganismen ausreichend entfernt werden. Von den Projektergebnissen profitieren sowohl Hersteller textiler Bodenbeläge als auch Reinigungsdienstleister, da ein innovatives und wirtschaftliches Verfahren zur Keimreduktion und Geruchsentfernung textiler Bodenbeläge mit Elektrodenflor im Rahmen der täglichen Unterhaltsreinigung entwickelt wurde. Da dies im Gegensatz zur vollflächigen Desinfektion handelsüblicher textiler Bodenbeläge im Rahmen der Zwischen- und Grundreinigung den Betriebslauf des Einrichtungsbetreibers nicht durch lange Trocknungszeiten beeinträchtigt, ist mit hoher Akzeptanz und Nachfrage zu rechnen.

---

**Fluoreszenzquantifizierung bakterieller Endosporen mittels  
Aptazympaaren und Molecular Beacons  
(IGF 21043 N, in Kooperation mit FKT)**

Ziel des Forschungsvorhabens war ein Verfahren zur simultanen Quantifizierung von Endosporen (Gesamtsporenzahl) und Endosporen hygienerelevanter Bakterien (z.B. *C. difficile*, *B. cereus*): Dies lässt sich durch Entwicklung von Aptazympaaren und speziell als Nukleozymsubstrate designten Molecular Beacons realisieren, wobei die Aptazyme eines Paares das gleiche Substrat spalten. Das erste Aptazym eines Paares wird bei Bindung eines primären Zielmoleküls (Konzentration proportional zur Sporenzahl) aktiviert und spaltet das Molecular Beacon, wobei ein Fluorophor und ein Quencher freigesetzt werden. Der freigesetzte Quencher dient als induziertes Zielmolekül für das zweite Aptazym. Somit verdoppelt sich die Anzahl induzierter Zielmoleküle bei jeder Substratspaltung, was mit zunehmender Inkubationszeit zum exponentiellen Anstieg der Anzahl induzierter Zielmoleküle und freigesetzter Fluorophore führt (exponentielle Signalzunahme). Zukünftig wird Reinigungsdienstleistern und textilen Dienstleistern durch die Projektergebnisse ein Verfahren zur Verfügung stehen, das erstmals dazu befähigt, die Sporenbelastung von Oberflächen, Textilien und Prozesswässern im Rahmen innerbetrieblicher Eigenkontrollen zu bewerten und somit den Erfolg von ihnen vorgenommener Dekontaminationsmaßnahmen zu überwachen. Beim Nachweis von Endosporen (z.B. *C. difficile*, *B. cereus*) können umgehend für die Sporendekontamination geeignete Maßnahmen ergriffen und die Hygienesicherheit weiter optimiert werden.

**Duplex-Amplifikationsverfahren zum in situ-Schnellnachweis  
hygienerelevanter Keime auf flexiblen Endoskopen  
(IGF 20900 N)**

Ziel des Forschungsvorhabens war ein in-situ-Schnellnachweis für hygienerelevante Keime auf inneren und äußeren Endoskopoberflächen entsprechend Anlage 10 der Leitlinie zur Validierung von Endoskopaufbereitungsverfahren. Der Nachweis einzelner hygienerelevanter Keime beruht auf der selektiven Markierung mit Aptameren aus DNA, die nach der Markierung durch thermische Denaturierung wieder quantitativ von den Keimen abgelöst und aus dem Endoskop

eluiert werden können. Wiedergewonnene Aptamere werden durch Hybridisierung an komplementäre DNA-Abschnitte (Oligonukleotide) auf spezifischen Auswertefeldern zum Nachweis von *S. aureus*, Enterobacteriaceae, Pseudomonaden und Enterokokken in einer Auswerteeinheit gebunden. Der Nachweis der Aptamere erfolgt durch ein Duplex-Amplifikationsverfahren. Dabei binden zunächst sphärische DNA-Hybrid-Aggregate (SDHA) an die Aptamere, die zusätzlich zu den zur Bindung an Aptamere notwendigen Oligonukleotiden zahlreiche Initiator-Oligonukleotide tragen. In einem Folgeschritt werden in einer Hybridisierungskettenreaktion an den Initiator-Oligonukleotiden zahlreiche metastabile Carbon Quantum Dot funktionalisierte Oligonukleotide gebunden, so dass hochmolekulare fluoreszierende Produkte entstehen, die bei Anregung mit UV-Licht visuell ohne weitere Hilfsmittel ausgewertet werden können. Den zunehmend mit der Aufbereitung von Medizinprodukten betrauten Reinigungs- und Hygienesdienstleistern und den von den medizinischen Einrichtungen selbst betriebenen Aufbereitungseinheiten für Medizinprodukte wird ein innerbetrieblich und kostengünstig anwendbarer Schnelldiagnostik zur eigenständigen, innerbetrieblichen Prüfung der Aufbereitungsqualität flexibler Endoskope zur Verfügung gestellt.

### **Temperatur-connective Polyurethanvergütung für elastische Bodenbeläge (IGF 20899 BG)**

Ziel des Forschungsvorhabens war eine Temperatur-connective Polyurethan (PU)-Vergütung aus speziell zu entwickelnden thermoplastischen Polyurethanen mit thermisch schaltbaren vernetzenden Funktionen als Endgruppen (kooperative TPUs). Eine derartige Temperatur-connective PU-Vergütung ermöglicht eine effiziente Sanierung elastischer Bodenbeläge: zum einen ist deren vollflächige oder partielle Erneuerung möglich, und zum anderen ist sie mittels Prägeformen strukturierbar. Durch die Prägung lassen sich bodenbelagsrelevante Eigenschaften (z.B. optisches Erscheinungsbild, Rutschhemmung, Anschmutzverhalten) im Rahmen der Herstellung einstellen und während der Gebrauchsdauer durch Restrukturierung aufrechterhalten.

Die Temperatur-connective PU-Vergütung zeigt eine reversible Änderung ihres Vernetzungszustands in Abhängigkeit von der Temperatur, wodurch sie unter

Applikationsbedingungen den Bodenbelag homogen benetzt (niedrigviskoser Zustand), im Prägeprozess eine effektive Strukturierung ermöglicht (hochviskoser Zustand) und unter Gebrauchsbedingungen (fester Zustand) eine hohe mechanische Stabilität aufweist. Eine hohe Haftung bei Gebrauch wird durch Temperatur-connective Nuttschichten elastischer Bodenbeläge realisiert, die reversible Bindungen zur Temperatur-connectiven PU-Vergütung ausbilden. Den Reinigungs-dienstleistern und den Herstellern elastischer Bodenbeläge wird durch die Projektergebnisse eine innovative Vergütung für elastische Bodenbeläge zur Verfügung gestellt. Aufgrund der effizienten Sanierbarkeit von Bodenbelägen mit einer derartigen Vergütung kann auf den aufwendigen Einsatz erneuerbarer Pflegebe-filmungen verzichtet werden. Hersteller elastischer Bodenbeläge können ihren Marktanteil weiter ausbauen bzw. neue Absatzmärkte erschließen.

### **Elektronischer Performanceindikator für gewerbliche Geschirrspülmaschinen (IGF 20833 N)**

Zu den Dienstleistungen in der Gastronomie zählen neben der Zubereitung und Bereitstellung der Mahlzeiten auch die Aufbereitung der verwendeten Arbeitsmittel, Geschirrtteile, Gläser und Essbestecke (Bedarfsgegenstände) unter Einsatz gewerblicher Geschirrspülmaschinen. Um den Verbrauch an Wasser, Energie und Reinigungsprodukten in Geschirrspülprozessen gering zu halten und schlechte Spülergebnisse sicher zu vermeiden, die immer auch mit einem Hygierisiko verbunden sind, empfiehlt es sich, die Spülprozesse individuell an die Anforderungen des jeweiligen Betreibers, d.h. das Spülaufkommen, den Schmutzeintrag (Menge und Art), Antrocknungszeit, Art des Spülgutes etc. sowie die Anforderungen moderner, mit möglichst geringen Verbrauchswerten arbeitender Geschirrspülmaschinen anzupassen.

Vor diesem Hintergrund wurden vom wfk-Institut in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen elektronische Performanceindikatoren bestehend aus einem nicht leitfähigen Trägermaterial (Keramik) entwickelt, auf dem sich Elektrodenareale mit anwendungsspezifischer Geometrie befinden. Die Elektrodenareale werden zur Bewertung der

Desinfektionsleistung mit einem Prüforganismus (z.B. *E. faecium*, *M. luteus*) und zur Bewertung der Reinigungsleistung mit einer Testanschmutzung (z.B. Ketchup, Eigelb, Stärke) kontaminiert. Ein nicht angeschmutztes Elektrodenareal auf dem elektronischen Performanceindikator dient zur Erfassung der Restfeuchte bzw. Bewertung der Trockenleistung; dieses wird prozessbedingt angefeuchtet und getrocknet.

Zur impedimetrischen Analyse der Kontamination und der Restfeuchte auf dem Elektrodenareal wurden Mess- und Auswerteverfahren entwickelt. Dazu wurden Messparameter festgelegt und Modelle erstellt, die den funktionalen Zusammenhang zwischen der Menge an Kontamination bzw. an Restfeuchte auf dem Elektrodenareal und der Impedanz beschreiben; zudem wurde für die jeweilige Kontamination ein Modell zur Feuchtekorrektur erstellt. Die Modelle ermöglichen eine automatisierte Auswertung des Performanceindikators. Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung, Gastronomiebetriebe, andere lebensmittelzubereitende und -verarbeitende Betriebe, Hersteller von Geschirrspülmaschinen und Geschirrspülmitteln sowie die vorwiegend kleinen und mittelständischen Reinigungs- und Hygieneserviceleistungen können den elektronischen Performanceindikator nutzen, um die von Ihnen angewandten Geschirrspülprozesse zu überprüfen und zu optimieren.

### **Piezoelektrischer MRSA-Nachweis unter Einkopplung photoinduzierter akustischer Wellen (IGF 20831 N)**

Ziel des Forschungsvorhabens war ein piezoelektrischer Sensor, der eine unmittelbare hoch sensitive Quantifizierung von MRSA vor Ort ermöglicht (piezoelektrischer MRSA-Nachweis). Das Nachweisprinzip basiert auf der Einkopplung photoinduzierter akustischer Wellen in ein in Resonanz schwingendes piezoelektrisches Material nach Bindung lebender MRSA-Zellen und Markierung gebundener MRSA-Zellen durch Antikörper-funktionalisierte akustische Sonden. Durch Bestrahlung mit gepulstem monochromatischem Licht werden periodische Temperaturänderungen der akustischen Sonden induziert, die zur Ausbildung akustischer Wellen führen (photoinduzierte akustische Wellen). Erreichen die photoinduzierten akustischen Wellen das

piezoelektrische Material, werden sie in dieses eingekoppelt und interferieren mit der dort vorliegenden elektrisch induzierten akustischen Welle. Die Amplitude der resultierenden akustischen Welle hängt direkt von der Anzahl am piezoelektrischen Material gebundener markierter MRSA-Zellen ab. Mittels des piezoelektrischen MRSA-Nachweises können Reinigungs- und Hygienedienstleister der Hygienekommission in Krankenhäusern den Erfolg durchgeführter Reinigungs-/Desinfektionsmaßnahmen unmittelbar belegen. Ggf. notwendige Korrekturmaßnahmen können sofort eingeleitet werden. Kritische Punkte (häufiger Haut-/Handkontakt) können von der Hygienekommission festgelegt und durch Reinigungs- und Hygienedienstleister regelmäßig hinsichtlich MRSA-Kontaminationen untersucht werden. Mit den erhaltenen Daten können Hygienefachkräfte Hygienepläne optimieren und Strategien zur Vermeidung von Kontaminationen verbessern, die essentiell für die Prävention nosokomialer MRSA-Fälle und die Eindämmung der MRSA-Verbreitung sind.

### **Plasmaaktive Pflegebefilmung auf Basis intumeszenzfähiger Vernetzer zur plasmabasierten Trockenentschichtung elastischer Bodenbeläge (IGF 20829 N)**

Im Rahmen des IGF-Vorläufer-Projektes 18035 BG wurde ein plasmabasiertes Trockenentschichtungsverfahren als Alternative zur nasschemischen Grundreinigung elastischer Bodenbeläge mit zugehöriger Reinigungsmaschinenteknik entwickelt, bei dem auf den Einsatz von Wasser und Chemikalien verzichtet wird; ferner wird der Personalaufwand reduziert und Trocknungszeiten vor einer Neubefilmung entfallen. Das neue Verfahren wurde in Kombination mit einer durch Zusatz geeigneter Additive (z.B. Olefine, insb. Polyethylen-Wachse, Intumeszenz- oder Wärmeleitmittel) modifizierten Pflegebefilmung entwickelt. Diese modifizierte Pflegebefilmung eignet sich jedoch aufgrund einer verminderten Haftung und Abriebfestigkeit im Vergleich zur herkömmlichen Pflegebefilmung nicht für alle elastischen Bodenbeläge und nur für Bereiche geringer Beanspruchung. Ziel des Forschungsvorhabens ist, eine plasmaaktive Pflegebefilmung auf Basis intumeszenzfähiger Vernetzer mit optimierter Haftung und Abriebfestigkeit für den Einsatz in Bereichen hoher Beanspruchung zu realisieren, die eine plasmabasierte Trockenentschichtung ermöglicht: Dies lässt sich durch Entwicklung einer zweischichtigen Pflegebefilmung, bestehend aus einer wachshaltigen

Trennschicht mit inkludierten langkettigen Carbonsäuren sowie Wärmeleitmitteln und einer ein intumeszierendes Polymer-netzwerk enthaltenden Schicht realisieren. Das intumeszierende Polymernetzwerk wird aus einer handelsüblichen Pflegedispersion und einem speziell zu entwickelnden intumeszenzfähigen Vernetzer generiert. Durch die Projektergebnisse wird ein wirtschaftliches Verfahren zur Grundreinigung und Neubefilmung von elastischen Bodenbelägen zur Verfügung gestellt, das sich durch eine hohe Flächenleistung und den Wegfall von Trocknungszeiten auszeichnet.

### **pH-soziierte Pflegebefilmungen für elastische Bodenbeläge (IGF 20734 N)**

Zur Erhöhung der Nutzungsdauer und zum Erhalt ihres optischen Erscheinungsbilds werden elastische Bodenbeläge mit polymeren Pflegedispositionen befilmt. Die Pflegebefilmungen verbessern das Anschmutz-, Reinigungs- und Verschleißverhalten der Bodenbeläge und bieten Schutz vor Kratzern, Abrieb und anderen Schäden durch Begehung. Pflegebefilmungen besitzen jedoch eine begrenzte Lebensdauer, da sie durch mechanische Beanspruchung beim Gebrauch abgetragen werden und hierdurch der Schutz elastischer Bodenbeläge vor mechanischer Abnutzung und/oder vor Migration permeierender Schmutzkomponenten (Barrierewirkung) abnimmt bzw. nicht mehr gegeben ist. Vor allem in Bereichen mit hoher Beanspruchung ist nach längerer Nutzungsdauer daher eine Grundreinigung mit anschließender Neubefilmung notwendig. Die Erneuerung einer Pflegebefilmung ist sehr zeit-, personal- und kostenintensiv und führt zu erheblichen Verzögerungen im Betriebsablauf des Gebäudebetreibers. Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden daher pH-soziierte Pflegebefilmungen mit hoher Verschleißfestigkeit und hoher Barrierewirkung gegenüber Schmutzkomponenten beim Gebrauch (assoziiertes Zustand) und schneller Entfernbarkeit im Rahmen der Grundreinigung (dissoziertes Zustand) entwickelt. Zur Entwicklung der pH-soziierten Pflegebefilmungen wurden Funktionsprinzipien biologischer Systeme (reversible Assoziation zu stabilen hierarchischen Strukturen durch Kooperativität von Wasserstoffbrückenbindungen und Dissoziation durch hydrolytische Spaltung der Primärstruktur) aufgegriffen und auf bioinspirierte Polyacrylate

übertragen. Die bioinspirierten Polyacrylate besitzen pH-schaltbare vernetzende Funktionen in ihren Seitenketten und pH-spaltbare Funktionen in ihrer Hauptkette. Die pH-schaltbaren vernetzenden Funktionen der bioinspirierten Polyacrylate können bindende Wechselwirkungen (kooperative Wasserstoffbrücken) sowohl untereinander als auch zu Urethangruppen auf dem elastischen Bodenbelag eingehen. Hierdurch besitzen die pH-soziierten Pflegebefilmungen eine hohe mechanische Stabilität sowie eine hohe Haftung am elastischen Bodenbelag unter Gebrauchsbedingungen. Der hohe Vernetzungsgrad führt ferner zu einer hohen Barrierewirkung der pH-soziierten Pflegebefilmungen gegenüber Schmutzkomponenten. Bei der alkalischen Grundreinigung wird das Netzwerk aus bioinspirierten Polyacrylaten durch eine Aufhebung der von den pH-schaltbaren vernetzenden Funktionen ausgebildeten Bindungen sowie Hydrolyse der pH-spaltbaren Funktionen unter Ausbildung geladener wasserlöslicher, kurzkettiger Polymere aufgebrochen. Aufgrund der Überführung in wasserlösliche Polymere können die pH-soziierten Pflegebefilmungen bei der Grundreinigung schnell unter praxisüblichen Bedingungen abgelöst werden, so dass sich der Aufwand zur Erneuerung von Pflegebefilmungen reduzieren lässt.

### **Magnetostriktiver Snap Sensitizing-Sensor zur Kontrolle der mikrobiologischen Wasserqualität (IGF 20697 N)**

Ziel war ein Snap Sensitizing-Sensor zur Kontrolle der mikrobiologischen Wasserqualität, z.B. entsprechend Trinkwasserverordnung. Der Sensor besteht aus 6 magnetostriktiven Sensorabschnitten (SA). Die Oberflächen von SA1-5 sind mit jeweils spezifischen Aptameren funktionalisiert, die *E. coli*, coliforme Keime, Enterokokken, *P. aeruginosa* und Legionellen binden. Auf der SA-Oberfläche befinden sich beweglich verankerte Goldmikropartikel (GMP), die mit den jeweiligen Aptameren funktionalisiert sind. Die Bindung der Keime erfolgt durch einen Snap Sensitizing-Mechanismus: es wird ein Komplex aus GMP und Keim inelastisch auf der SA-Oberfläche gebunden. Dies führt zu einer starken Verschiebung der Resonanzfrequenz der magnetostriktiven SA, die einfach gemessen werden kann. Daher wird mit einem magnetostriktiven SA erstmals eine einzelne Zelle detektierbar. Die Bestimmung der Gesamtkeimzahl auf SA 6 erfolgt aufgrund der

geringen notwendigen Nachweisempfindlichkeit ohne Snap Sensitizing-Mechanismus. Der Sensor ist thermisch mindestens hundertmal regenerierbar und kann als Bypass in das wasserführende System integriert werden.

Zur Bindung der jeweiligen Zielmikroorganismen konnten Aptamere mit Spezifität gegenüber *E. coli* oder Legionellen identifiziert werden. Ebenso konnte ein Aptamer zur Bindung phylogenetisch unterschiedlicher Bakterien („Gesamtkeime“) identifiziert und charakterisiert werden. Die Aptamerbindung an Bakterien war in unterschiedlichen Wasserqualitäten nicht beeinträchtigt. Die Aptamerbindung an Zellen konnte durch die Erhöhung der Temperatur reversibel aufgehoben werden, wodurch eine Regenerierbarkeit der SA gegeben war. Die Immobilisierung von Aptameren auf vergoldeten Sensoroberflächen konnte erfolgreich demonstriert werden, sodass prinzipiell Sensorabschnitte zur Bindung von *E. coli* und Legionellen oder der Bindung aller Keime generiert werden können.

Durch Messung der Resonanzfrequenz der magnetostriktiven Sensorabschnitte unter Einsatz eines einfachen Netzwerkanalysators war es möglich, sehr geringe Massenänderungen auf Sensorabschnitten, die im wasserführenden System eingebaut werden können, kontaktfrei zu bestimmen.

### **Pflegebefilmungen aus Flüssigmembran-separierten Komplementärphasen-Dispersionen (IGF 20504 N)**

Ziel des Forschungsvorhabens war, Flüssigmembran-separierten Komplementärphasen-Dispersionen zur einstufigen Applikation von Pflegebefilmungen mit hoher Beständigkeit und Barrierewirkung gegenüber Schmutzkomponenten auf elastischen Bodenbelägen zu entwickeln. Diese Dispersionen bestehen aus kationischen Polymerpartikeln (kationische Komplementärphase), die durch ladungsneutrale sphärische Flüssigmembranen von anionischen Polymerpartikeln (anionische Komplementärphase) separiert sind. Durch die Flüssigmembranen wird die Aggregation der entgegengesetzt geladenen Komplementärphasen in der Dispersion verhindert. Die Flüssigmembranen sind durch Synthese spezieller amphiphiler Moleküle so gestaltet, dass sich die Flüssigmembran-separierte

kationische Komplementärphase nach Applikation der Dispersion zu Beginn des Trocknungsprozesses in Bodenbelagsnähe anreichert.

Während des fortschreitenden Trocknungsprozesses kommt es zum Integritätsverlust der Flüssigmembranen, was zu der Freisetzung der kationischen Komplementärphase und deren lokaler Vermischung mit der angrenzenden anionischen Komplementärphase führt; die Komplementärphasen aggregieren aufgrund elektrostatischer Wechselwirkungen und bilden eine bodennahe, von kationischen Polymeren geprägte Schicht aus. Aufgrund der schnellen Aggregation kommt es nicht zur vollständigen Durchmischung der unteren kationischen mit der oberen anionischen Komplementärphase; die obere Deckschicht ist somit von anionischen Polymeren geprägt.

Aufgrund des hohen Vernetzungsgrads zeigten die erhaltenen Pflegebefilmungen eine hohe Beständigkeit und Barrierewirkung gegenüber Schmutzkomponenten, so dass sich der Aufwand für die Unterhaltsreinigung sowie die Grundreinigung inkl. Neubefilmung deutlich verringern ließ, ohne dass Schmutzkomponenten in elastische Bodenbeläge migrieren und diese irreparabel schädigen konnten.

### **Desinfektion und Desodorierung textiler Bodenbeläge mit plasmaaktiviertem Wasserdampf bei der täglichen Unterhaltsreinigung (IGF 20437 N)**

Ziel des Forschungsvorhabens war ein Verfahren zur Desinfektion und Desodorierung textiler Bodenbeläge auf Basis von plasmaaktiviertem Wasserdampf: Dazu wurde eine geeignete Prozessführung, d.h. geeignete Plasma- und Verfahrensparameter, entwickelt. Ferner wurde ein Funktionsmuster eines DBE-Bürstsaugers (DBE: dielektrische Barriereentladung) konzipiert, das über eine innovative Plasmatechnik verfügt.

Die Hauptbestandteile sind DBE-Düsen und ein Verdampfer zur Erzeugung des Wasserdampfes, kombiniert mit praxisüblichen Bürstenwalzen. Durch den erzeugten plasmaaktivierten Wasserdampf wurden eine Desinfektion und Desodorierung der behandelten Bodenbeläge erzielt. Die Schmutzentfernung erfolgte wie bisher durch Bürstsaugen in einem Arbeitsgang.

Das neue Verfahren kann zur täglichen Unterhaltsreinigung textiler Bodenbeläge, d.h. sowohl zur vollflächigen Hygienisierung und Schmutzentfernung, als auch bei Bedarf zur Detachur bzw. zur Reinigung und Desinfektion lokaler, potentiell infektiöser Anschmutzungen eingesetzt werden.

Durch die Projektergebnisse wird den Reinigungsdienstleistern ein hochinnovatives Reinigungsverfahren zur Desinfektion und Desodorierung textiler Bodenbeläge im Rahmen der täglichen Unterhaltsreinigung zur Verfügung gestellt. Da nur sehr geringe Wassermengen bei der desinfizierenden und desodorierenden Reinigung in die textilen Bodenbeläge eingetragen werden, können diese schonend gereinigt und sofort wieder begangen werden. Ferner werden keine Chemikalien benötigt. Durch Ausbau ihrer Marktanteile können die Reinigungsdienstleister ihre wirtschaftliche Situation deutlich verbessern.

### **MRSA-Nachweis auf der Basis von Upconversion-Glasfasern (IGF 20304 N)**

Ziel des Forschungsvorhabens war ein optochemischer Sensor, der einen unmittelbaren MRSA-Nachweis vor Ort ermöglicht. Der optochemische Sensor enthält eine Upconversion-Glasfaser, d.h. auf der Oberfläche der Glasfaser sind Phagen-funktionalisierte Upconversion-Partikel (UCPs) gebunden, die als Messaufnehmer des Sensors dienen.

Wird NIR-Licht durch die Upconversion-Glasfaser geleitet, werden die UCPs zur Lumineszenz angeregt, das Lumineszenzlicht in die Glasfaser eingekoppelt und am Photodetektor erfasst. Das Nachweisprinzip des optochemischen Sensors basiert auf der Quenchung der Lumineszenz der Phagen-funktionalisierten UCPs nach Bindung lebender *S. aureus*-Zellen und Markierung gebundener MRSA-Zellen durch Antikörper-funktionalisierte Goldnanopartikel, wodurch die Intensität des Lumineszenzlichts verringert wird. Der optochemische Sensor erlaubt die sofortige Identifizierung und Isolierung MRSA-kolonisierter Patienten. Unter Einsatz des Sensors können Reinigungs- und Hygienesdienstleister der Hygienekommission von Krankenhäusern den Erfolg durchgeführter Reinigungs-/Desinfektionsmaßnahmen unmittelbar belegen. Ggf. notwendige Korrekturmaßnahmen können sofort eingeleitet werden. Kritische Punkte, die häufigem Haut-/Handkontakt

unterliegen, können von der Hygienekommission festgelegt und regelmäßig durch Reinigungs- und Hygieneserviceleister hinsichtlich einer MRSA-Kontamination untersucht werden.

Anhand der erhaltenen Daten können Hygienefachkräfte unter Mitwirkung der externen Serviceleister Hygienepläne kontinuierlich optimieren und Strategien zur Vermeidung von Kontaminationen verbessern, die von essentieller Bedeutung für die Prävention nosokomialer MRSA-Fälle und die Eindämmung der Verbreitung von MRSA sind.

### **Magneto-spumare Partikel zur rückstandsfreien Reinigung textiler Bodenbeläge (IGF 20214 N)**

Ziel des Forschungsvorhabens war die rückstandsfreie Reinigung textiler Bodenbeläge mittels magneto-spumarer Partikel. Eine Dispersion dieser Partikel wird unter Eindüsen von Luft in die Nutzschiicht des textilen Bodenbelags eingebracht und aufgeschäumt, wobei die Schäume die Nutzschiicht vollständig durchdringen. Aufgrund ihrer amphiphilen Eigenschaften lösen die magneto-spumaren Partikel hydrophobe und hydrophile Verschmutzungen von den Faserfasern unter Einlagerung in die Schaumstruktur ab.

Der Schaum lässt sich anschließend aufgrund der magnetischen Eigenschaften der magneto-spumaren Partikel zusammen mit inkludierten Verschmutzungen mit einem speziell entwickelten magnetischen Bürstensauger rückstandsfrei entfernen.

Da nur sehr geringe Wassermengen in der Nutzschiicht verbleiben, kann der gereinigte textile Bodenbelag direkt wieder begangen werden, d.h. langwierige Trocknungszeiten entfallen.

Durch die Projektergebnisse wird den Reinigungsdienstleistern ein effizientes Verfahren zur rückstandsfreien Reinigung textiler Bodenbeläge zur Verfügung gestellt, das sich im Vergleich zur herkömmlichen Grundreinigung mittels Sprühextraktion durch eine deutlich höhere Flächenleistung auszeichnet.

---

**Selbstregenerierende, fluorfreie, hydrophobe und oleophobe Ausrüstung  
textiler Materialien auf der Basis selbstöffnender Mizellen  
(IGF 20153 N, in Kooperation mit FKT)**

Ziel des Forschungsvorhabens ist eine selbstregenerierende, fluorfreie, hydrophobe und oleophobe Ausrüstung für textile Materialien auf Basis selbstöffnender Mizellen. Die Ausrüstung besteht aus Copolymeren mit Polydimethylsiloxan-(PDMS)-Seitenketten, die in der wässrigen Ausrüstungsflotte Mizellen (PDMS-Mizellen) ausbilden, sowie einer vernetzenden Matrix zur Immobilisierung der PDMS-Mizellen auf textilen Materialien. Nach der Applikation (Tauchverfahren zur Ausrüstung von Bekleidungstextilien, Sprühapplikation zur Ausrüstung textiler Bodenbeläge) bildet sich beim Trocknungsprozess eine dichte Matrix aus, die eine statistische Verteilung der PDMS-Mizellen enthält. PDMS-Mizellen, die an der Grenzfläche zur Luft vorliegen, öffnen sich aufgrund der Inversion der Polarität an der Grenzfläche sowie repulsiver Wechselwirkungen im Mizellkern im Trocknungsprozess selbstständig. Hierdurch kommt es zur Ausbildung einer Monolage ausgerichteter PDMS-Seitenketten an der Oberfläche der Ausrüstung. Aufgrund der niedrigen Oberflächenenergie und der hohen Beweglichkeit der ausgerichteten PDMS-Ketten werden durch diese Ausrüstung sowohl Wasser als auch Öle abgewiesen. PDMS-Mizellen, die in der Matrix vorliegen, öffnen sich im Trocknungsprozess aufgrund sterischer Hinderung durch die umgebende Matrix nicht. Bei mechanischem Abtrag der obersten Schicht der Ausrüstung kommt es zur Freilegung und Öffnung der nächsten Lage an PDMS-Mizellen, wodurch sich der Prozess der Ausbildung einer ausgerichteten PDMS-Ketten-Monolage wiederholt. Durch die Projektergebnisse wird erstmals ein Verfahren zur fluorfreien, hydrophoben und oleophoben Ausrüstung textiler Materialien zur Verfügung gestellt.

**Überwachung der mikrobiologischen Wasserqualität durch Detektion mikrobieller Indikatorenzyme mit einer bioelektrischen Fließzelle  
(IGF 19998 N, in Kooperation mit FKT)**

Ziel des Forschungsvorhabens ist eine bioelektrische Fließzelle zur Ermittlung der mikrobiologischen Wasserqualität (Bestimmung von Indikatorkeimen und Gesamtkeimzahl) im Rahmen einer Eigenkontrolle. Die bioelektrische Fließzelle

besteht aus einer Anreicherungskammer, in der sowohl eine Konzentrierung der Mikroorganismen als auch deren Aufschluss (Zellyse) erfolgt, und einer Detektionskammer, in der anhand der Indikatorenzyme aus dem Zellysate eine elektrochemische Quantifizierung der Mikroorganismen vorgenommen wird. Hierzu werden die Indikatorenzyme an auf Arbeitselektroden immobilisierten spezifischen Enzyminhibitoren gebunden und anschließend durch Mediatoren markiert. Bei Zudosierung geringer Mengen einer redoxsensitiven Substanz werden durch die Mediatoren begünstigte Elektronentransferprozesse voltammetrisch detektiert. Durch Wahl der immobilisierten Enzyminhibitoren ist eine selektive Bindung unterschiedlicher Indikatorenzyme möglich, so dass die hochsensitive Bestimmung einzelner Indikatorkeime und der Gesamtkeimzahl mittels der bioelektrischen Fließzelle erfolgen kann. Die auf den Arbeitselektroden immobilisierten spezifischen Enzyminhibitoren sind im Anschluss an die Messung regenerierbar. Das neue Verfahren ermöglicht die vollautomatisierte Ermittlung der mikrobiologischen Wasserqualität. Unter Einsatz der entwickelten bioelektrischen Fließzelle lässt sich die mikrobiologische Wasserqualität z.B. von Schwimm-/Badebeckenwasser oder in der Spülphase eingesetzter Prozesswässer bei der desinfizierenden Textilaufbereitung schnell und kostengünstig ermitteln. Die Hygienesicherheit wird optimiert, da sich Fehler in Prozessabläufen schneller identifizieren und Korrekturmaßnahmen umgehend einleiten lassen.

### **Stoßwellen-basiertes Reinigungsverfahren für nassbelastete Barfußbereiche (IGF 19949 N)**

Die tägliche Unterhaltsreinigung und Desinfektion nassbelasteter Barfußbereiche ist mit einem großen Aufwand verbunden und erfordert bis zu fünf Arbeitsgänge. Daraus resultieren ein hoher Zeit- und Personalbedarf bzw. eine geringe Flächenleistung. Ziel des Forschungsvorhabens ist die Realisierung einer effizienten Unterhaltsreinigung nassbelasteter Barfußbereiche mit radialen Stoßwellen: Die Entfernung von Anschmutzungen durch radiale Stoßwellen und Wasser beruht dabei auf dem gezielten Eintrag mechanischer Energie in die Grenzflächen Wasser/Anschmutzung und Anschmutzung/Bodenbelag. Beim Auftreffen radialer Stoßwellen auf diese Grenzflächen kommt es aufgrund der

Impedanzunterschiede zwischen Wasser und Anschmutzung bzw. Anschmutzung und Bodenbelag zur Umwandlung akustischer in mechanische Energie. Der Eintrag mechanischer Energie führt zu einer „Absprengung“ der Anschmutzung vom keramischen Bodenbelag. Mit dem Stoßwellen-basierten Verfahren ist eine wesentlich höhere Flächenleistung im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren zu erzielen, da sich die Anzahl notwendiger Arbeitsgänge um bis zu drei Arbeitsgänge reduzieren lässt: Eine Benetzung mit Wasser vor Applikation des Reinigungsmittels (zum Schutz des Fugenmaterials) und eine Entfernung von Reinigungsmittelrückständen, die Anschmutzverhalten und Trittsicherheit beeinträchtigen können, sind nicht mehr notwendig, da keine Reinigungsmittel eingesetzt werden. Ferner kann die Applikation des Desinfektionsmittels direkt im Anschluss an die Schmutzentfernung im selben Arbeitsgang erfolgen.

### **Testsystem zur Bewertung von Benetzbarkeit und Oberflächenreinheit (IGF 19864 N, in Kooperation mit FOGRA)**

Eine wichtige Kenngröße zur Charakterisierung von Oberflächen ist ihre Benetzbarkeit. Eine gute Benetzbarkeit ist zwingende Voraussetzung, um eine homogene Beschichtung bei Kleb-, Lackier- und Druckprozessen zu erzielen. Über die Änderung der Benetzbarkeit lässt sich auch die Reinheit einer Oberfläche ableiten und Auskunft über die Anschmutzung bzw. die Reinigungsqualität erhalten, da Verunreinigungen die Oberfläche maskieren. In einem Labor kann die Benetzbarkeit mit teuren Laborgeräten unter Einsatz verschiedener Testflüssigkeiten ermittelt werden, was für Praxisbetriebe jedoch zu aufwendig bzw. nicht praktikabel (Reinigungsfirmen) ist. Hier kommen Testtinten für eine schnelle Messung zum Einsatz. Jedoch können mit unterschiedlichen Testtinten ermittelte Werte bei einzelnen Oberflächen massiv voneinander abweichen bzw. nicht mit Laborwerten korrelieren und bei anderen weitgehend übereinstimmen. Die Ursache dafür liegt nach der Arbeitshypothese der Antragsteller darin, dass die auf dem Markt befindlichen Tintensätze nicht zwischen stark dispersen bzw. überwiegend polaren Wechselwirkungen zwischen Tinten und Oberflächen differenzieren. Dies soll bei der hier geplanten Neuentwicklung neuer Testtinten berücksichtigt werden. Es ist geplant einen Testtintensatz für stark disperse und einen Satz für überwiegend

polare Oberflächen zu entwickeln und mittels einer Mastertinte auszuwählen, welcher der beiden Tintensätze für die jeweilige Oberfläche geeignet ist. Ziel des Projekts ist die Abfallvermeidung bei Foliendruckbetrieben und Lackierereien und somit Kostenreduktion sowie die Entwicklung eines Verfahrens zur Überprüfung und Dokumentation von Reinigungsmaßnahmen für Bereiche, in denen die zu reinigenden Oberflächen stark variieren und zudem die Untersuchung großer Testflächen notwendig ist.

### **Enzym-Januspartikel-Indikator zur Kontrolle des Hygienestatus von Oberflächen (IGF 19852 N)**

Ziel des beantragten Forschungsvorhabens ist die Ermittlung des Hygienestatus von Oberflächen mittels Enzym-Januspartikel-Indikatoren. Diese bestehen aus Enzym-Januspartikel-Komplexen, in denen die Aktivität der Enzyme durch funktionalisierte Januspartikel inhibiert wird, und einem spezifischen chromogenen Substrat, die in einer Hydrogelmatrix inkludiert sind. Das Nachweisprinzip basiert auf der Wiederherstellung der Aktivität des Enzyms bei Bindung der zur Inhibierung eingesetzten funktionalisierten Januspartikel an lebende Mikroorganismen unter Aufhebung des Enzym-Januspartikel-Komplexes. Das chromogene Substrat wird von den aktiven Enzymen unter Bildung eines farbigen wasserunlöslichen Spaltprodukts umgesetzt, so dass es zu einem visuell wahrnehmbaren Farbumschlag kommt. Durch die Funktionalisierung der Januspartikel mit geeigneten Mikroorganismen-bindenden Agenzien ist der selektive Nachweis hygienerelevanter Mikroorganismen (Funktionalisierung mit Antikörpern) oder die Bestimmung der Gesamtkeimzahl (Funktionalisierung mit Lektinen) mittels Enzym-Januspartikel-Indikatoren möglich. Durch die Projektergebnisse wird den ca. 20.000 Reinigungsdienstleistern (vorwiegend KMU) ein Verfahren zur schnellen Ermittlung des Hygienezustands von Oberflächen zur Verfügung gestellt, das im Rahmen einer Eigenkontrolle kostengünstig ohne Einsatz komplizierter Auswertesysteme durchführbar ist. Hierdurch können ggf. notwendige Korrekturmaßnahmen umgehend eingeleitet und die Hygienesicherheit optimiert werden. Durch Anwendung des neuen Verfahrens können Reinigungsdienstleister die Kosten für Hygienekontrollen drastisch senken. Ferner kann das neue Verfahren auch von den

2.300 textilen Dienstleistern (vorwiegend KMU) angewandt werden, die im Rahmen ihrer Hygiene-Qualitätsmanagement-Systeme regelmäßig Hygienekontrollen durchführen.

### **Real-time Hygienemonitore auf Basis Stimulus-sensitiver Liposomen (IGF 19849 N, in Kooperation mit FKT)**

Ziel des Forschungsvorhabens ist, real-time Hygienemonitore auf Basis von Stimulus-sensitiven Liposomen für den selektiven Nachweis eines spezifischen nosokomialen Erregers (z.B. als Indikatorkeim oder im Infektionsfall) in Echtzeit zu entwickeln. Das Nachweisprinzip basiert auf der Destabilisierung der Stimulus-sensitiven Liposomen bei Bindung des Erregers, die zur Freisetzung eines inkludierten chromogenen Substrats aus den Liposomen führt. Das Substrat wird von in der Monitormatrix eingebetteten Enzymen unter Bildung eines farbigen Spaltprodukts umgesetzt. Bei Erreichen einer für eine Infektion ausreichenden Menge eines spezifischen nosokomialen Erregers (minimale Infektionsdosis) kommt es zum Farbumschlag. Exemplarisch werden real-time Hygienemonitore für verschiedene relevante spezifische nosokomiale Erreger entwickelt, die sowohl zum Nachweis eines Indikatorkeims als auch im Infektionsfall zur Optimierung von Hygienemaßnahmen eingesetzt werden können. Die Applikation erfolgt über Aufkleben des Hygienemonitors auf kontaminationsanfällige Areale von Textilien und Oberflächen, die häufigem Haut-/Handkontakt unterliegen.

Den ca. 2.300 textilen Dienstleistern bzw. 20.000 Reinigungsdienstleistern wird durch die Projektergebnisse erstmalig ein real-time Hygienemonitor zum Nachweis von mikrobiellen Kontaminationen durch einen spezifischen nosokomialen Erreger auf Textilien und Oberflächen zur Verfügung stehen.

### **Stimuli-connective Tensidsysteme zur rückstandsfreien lokalen Schmutzentfernung aus textilen Materialien (IGF 19847 N)**

Ziel des beantragten Forschungsvorhabens ist die rückstandsfreie Entfernung lokaler Anschmutzungen, z.B. aus textilen Bodenbelägen, mittels stimuli-connectiver

Tensidsysteme (netzwerkbildende, polymerisierbare Tenside und flüssige Phase). Solche stimuli-connectiven Tensidsysteme ändern ihren Vernetzungszustand in Abhängigkeit von externen Stimuli (mechanische Beanspruchung, UV-Bestrahlung). Hierdurch benetzen und durchdringen sie bei der Applikation die Nutzschrift des textilen Bodenbelags vollständig (schwach physikalisch vernetzter Zustand aufgrund der mechanischen Beanspruchung bei Applikation) und besitzen bei der Einwirkung eine gute Haftung (stark physikalisch vernetzter Zustand durch Wegfall der mechanischen Beanspruchung nach Applikation). Durch eine an der Oberfläche initiierte Polymerisation können sie anschließend unter diffusionsgesteuerter Abtrennung chemisch vernetzt werden und als fester Film leicht manuell rückstandsfrei von der Oberfläche des Bodenbelags entfernt werden (chemisch vernetzter Zustand durch UV-Bestrahlung). Die von den stimuli-connectiven Tensidsystemen abgelösten Anschmutzungen werden aufgrund physikalisch-chemischer Wechselwirkungen in die Tensidsysteme eingelagert und bei der diffusionsgesteuerten Abtrennung gemeinsam mit diesen aus der Nutzschrift entfernt. Durch die Projektergebnisse wird den ca. 20.000 Reinigungsdienstleistern (vorwiegend KMU) ein effizientes Verfahren zur rückstandsfreien Entfernung lokaler Anschmutzungen zur Verfügung gestellt, das zu einem stark verringerten personellen Aufwand bei der lokalen Schmutzentfernung und somit zu großen Einsparungen bei der Reinigung textiler Bodenbeläge führt. Die Entfernung lokaler Anschmutzungen ist auch bei der Textilaufbereitung von zentraler Bedeutung, so dass auch die Textilpflegebranche von den Ergebnissen profitiert.

### **Katalytische Aptazym-Reportersysteme zum Pilzsporennachweis (IGF 19702 N)**

Schimmelpilzbefall in Gebäuden stellt ein enormes Problem dar (wirtschaftlicher Schaden schätzungsweise 4,0 Mrd. €/a; 4,5 Mio. Fälle/a). Schimmelpilze in Innenräumen sind ein hygienisches Problem und für immunsupprimierte Personen sogar eine sehr ernste Gefährdung. Der Schimmelpilzbefall ist in 80 % der Fälle nicht sichtbar und nur durch aufwendige mikrobiologische Methoden nachzuweisen. Kostengünstige Verfahren zum Nachweis von Pilzsporen in der Luft, die sich selbstständig ohne die Beteiligung mikrobiologischer Laboratorien durchführen

lassen, existieren zurzeit nicht. Ziel des Forschungsvorhabens ist der Nachweis von Pilzsporen mittels katalytischer Aptazym-Reportersysteme.

Dazu werden Pilzsporen-spezifische Aptazyme hergestellt, indem ein Pilzsporen-spezifisches Aptamer an ein DNAzym gekoppelt wird. Durch die Bindung der Aptamerdomäne des Aptazyms an die Erkennungssequenzen auf Pilzsporen kommt es zur Konformationsänderung des Aptazyms und zur Aktivierung der DNAzymdomäne. Die aktivierte DNAzymdomäne schneidet einen gequenchten Fluoreszenz-markierten DNA-Strang aus dem Aptazym, wodurch der Fluoreszenzfarbstoff von dem Quencher gelöst und eine Fluoreszenz messbar wird.

Die Sammlung der Pilzsporen aus der Luft erfolgt in einem modifizierten Impinger, der über einen Bypass mit Quarzglasabschnitt zur Fluoreszenzmessung verfügt. Durch die Verwendung von Aptameren ist es möglich, katalytische Aptazym-Reportersysteme sowohl spezifisch für eine Pilzart als auch für Pilzsporen im Allgemeinen zu entwickeln. Bei Anwendung des Pilzsporennachweises auf Basis katalytischer Aptazym-Reportersysteme ergeben sich wirtschaftliche Vorteile für Unternehmen aus dem Bereich der Gebäudereinigung bzw. des Facility Managements, die ihr Leistungsspektrum ausbauen können. Für deren Kunden (Immobilieigentümer/-nutzer) resultieren bei Einsatz des neuen Pilzsporennachweises weitere Einsparungen.

### **Energieeffiziente Luftentfeuchtung auf Basis lichtsensitiver Hydrogele (IGF 19624 N, in Kooperation mit IUTA)**

Bei Raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) spielt neben der Regulierung der Raumlufthtemperatur auch die Raumlufthfeuchte eine wichtige Rolle zur Herstellung und Aufrechterhaltung von behaglichen Raumlufthkonditionen. Im Durchschnitt muss dabei mehr Energie zum Entfeuchten als zum Kühlen von Aufenthaltsbereichen aufgewendet werden, um in das Behaglichkeitsfeld zu gelangen. Die Entfeuchtung der Außenluft erfolgt in den meisten Fällen durch einen energetisch aufwändigen Prozess basierend auf der Taupunktunterschreitung mit anschließender Wiederaufheizung des Luftstroms auf die gewünschte Zulufttemperatur.

Um eine Reduzierung der Energie- und somit Betriebskosten zu erreichen, wird im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojektes des wfk – Cleaning Technology Institute und des Instituts für Energie- und Umwelttechnik (IUTA) eine energieeffiziente Entfeuchtungseinheit auf Basis lichtsensitiver Hydrogele entwickelt.

Die lichtsensitiven Hydrogele ändern ihre Hydrophilie und somit ihre Wasseraufnahmekapazität bei Bestrahlung mit Licht geeigneter Wellenlänge (Abbildung 1). Hierdurch besitzen sie beim Entfeuchtungsvorgang eine hohe Wasseraufnahmekapazität. Im Regenerationsprozess wird mittels Bestrahlung (UV-Licht) eine Entquellung (Drainage) der lichtsensitiven Hydrogele unter Abgabe eines Großteils des aus der Raumluft aufgenommenen Wassers als Fluid erreicht.

Im beantragten Forschungsvorhaben wird eine Entfeuchtungseinheit auf der Basis lichtsensitiver Hydrogele entwickelt, die eine optimale Umströmung der lichtsensitiven Hydrogele beim Luftentfeuchtungsprozess sowie eine effiziente Lichtinkopplung und Drainage im Regenerationsprozess ermöglicht. Durch den Einsatz derartiger Entfeuchtungseinheiten auf der Basis lichtsensitiver Hydrogele lässt sich eine deutliche Verringerung des Energiebedarfs erzielen.

### **Hygienisierung von Sicherheitsschuhen mit Plasma-aktiviertem Wasserdampf (IGF 19288 N, in Kooperation mit PFI)**

Aus Leder aufgebaute Sicherheitsschuhe sind aufgrund der stabilen Konstruktion und langen Tragezeiten ggf. in Kombination mit hohen Umgebungstemperaturen einem hohen Schweißeintrag ausgesetzt. Derzeit existieren keine geeigneten Verfahren zur Hygienisierung von solchen Lederschuhen. Es besteht daher dringender Bedarf nach einem effizienten, tiefenwirksamen Verfahren zur Hygienisierung von Sicherheitsschuhen.

Ziel des Forschungsprojektes ist die Entwicklung eines effizienten, tiefenwirksamen Verfahrens zur Hygienisierung von Sicherheitsschuhen, das eine Desinfektion und Desodorierung des Innenschuhs mittels Plasma-aktiviertem Wasserdampf und anschließende Trocknung ermöglicht, ohne den Innenschuh bzw. das textile Futter zu schädigen und Schutzfunktionen zu beeinträchtigen.

Erreicht werden soll dies durch eine zu entwickelnde Trocknungseinheit mit Zu- und Abluftsystem, welches einen Eintrag von Trockendampf (Plasma-aktivierter Wasserdampf) und Trockenmedium (Luft) in den Innenschuh erlaubt. Durch Adaption einer dielektrischen Barriereentladungsdüse an das Zuluftsystem wird ein Schuhhygienisator entwickelt. Im Rahmen von Laboruntersuchungen wird die hygienische (Desinfektion und Desodorierung) und materialschonende Aufbereitung von Innenschuhmaterialien mittels Plasma-aktiviertem Wasserdampf untersucht. Unter Einsatz eigens dafür entwickelter Modellschuhe mit integrierten Sensoren (z.B. Temperatur, rel. Luftfeuchtigkeit) erfolgt die Optimierung relevanter Plasma- und Dampfparameter zur Realisierung eines automatisierten Verfahrens zur effizienten, tiefenwirksamen Hygienisierung und Trocknung von Sicherheitsschuhen. Abschließend erfolgen die Überprüfung der Sicherheitsfunktion nach Mehrfachbehandlung und die Entwicklung von Logistikkonzepten mittels RFID.

### **Nanoventil-Nanopartikel zur photoakustischen Bestimmung des Hygienestatus auf Oberflächen (IGF 19241 N)**

In hygienisch anspruchsvollen Bereichen (z.B. Lebensmittel- und Pharmaindustrie, Kosmetik- und Gesundheitsbereich) sind Hygiene-Qualitätsmanagement (QM)-Systeme von großer Bedeutung. Wichtige Bestandteile dieser QM-Systeme sind Hygiene- und Desinfektionspläne, in denen regelmäßige Reinigungs- und Flächendesinfektionsmaßnahmen festgelegt werden.

Zur Überprüfung der Qualität solcher Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen werden routinemäßig stichprobenartige Endproduktkontrollen vorgenommen. Derzeit werden Abklatschplatten zur Beprobung der Oberflächen verwendet, die von externen mikrobiologischen Fachlaboratorien inkubiert und ausgewertet werden müssen.

Dies erfordert einen Zeitraum von mindestens 2 Tagen (Bestimmung der Gesamtkeimzahl und hygienerelevanter Mikroorganismen) und führt zu hohen Kosten. Ein weiterer entscheidender Nachteil ist die Notwendigkeit, Mikroorganismen vor der qualitativen und quantitativen Bestimmung von Oberflächen abzunehmen.

Insbesondere im Fall strukturierter Flächen werden hierbei häufig Mikroorganismen nicht erfasst, die sich in Vertiefungen befinden. Deshalb besteht ein großer Bedarf nach innovativen Verfahren, die zeitnah eine Bestimmung hygienerelevanter Mikroorganismen sowie der Gesamtkeimzahl auf Oberflächen im Rahmen einer Eigenkontrolle ermöglichen.

Am wfk – Cleaning Technology Institute e.V. wurde daher ein neues Verfahren zur photoakustischen Bestimmung des Hygienestatus auf Oberflächen mittels Nanoventil-Nanopartikeln entwickelt. Oxalessigsäure wird in Antikörper-basierten Nanoventil-Nanopartikeln inkludiert. Bei Kontakt mit lebenden Mikroorganismen werden die Nanoventile durch Bindung der Antikörper an den Mikroorganismen geöffnet, so dass die Oxalessigsäure freigesetzt und durch Decarboxylase unter Kohlendioxidabspaltung umgesetzt wird. Der resultierende Anstieg der Kohlendioxidkonzentration wird in der Gasphase mittels photoakustischer Spektroskopie nachgewiesen.

### **Photoakustische Kontrolle der Befilmungsqualität (IGF 19152 N)**

Die Reinigung und Pflege elastischer Bodenbeläge im Objektbereich stellt ein wichtiges Marktsegment für Gebäudereinigungsunternehmen dar. Um die Nutzungsdauer zu erhöhen und das optische Erscheinungsbild zu erhalten, werden elastische Bodenbeläge mit Pflegedispersionen befilmt, die einen Schutz vor Kratzern, Abrieb sowie Gehspuren bieten und das Reinigungsverhalten verbessern.

Um irreversible Schäden an Bodenbelägen zu vermeiden, erfolgt meist deutlich vor Beeinträchtigung der Schutzfunktionen aufgebracht Pflegebefilmungen eine Grundreinigung und Neubefilmung. Die Erneuerung einer Pflegebefilmung ist jedoch mit hohem Personal- und Zeitaufwand verbunden.

Im Forschungsprojekt wurde daher ein neues Verfahren zur Bewertung der Befilmungsqualität elastischer Bodenbeläge entwickelt, das auf der Erzeugung und Detektion akustischer Signale beruht.

Akustische Sonden, die bei Anregung mit periodisch moduliertem, monochromatischem Licht aufgenommene Energie in Wärme umwandeln und diese an ihre Umgebung abgeben, wurden in Pflegebefilmungen inkludiert.

Die periodische Anregung der akustischen Sonden führt zu periodischen Temperaturänderungen der Pflegebefilmung, aus denen eine nanoskopische periodische Expansion und Kontraktion resultiert.

Dies führt zur Bildung akustischer Wellen, die mit einem Mikrofon detektiert werden können. Die Intensität des akustischen Signals hängt dabei linear von der Schichtdicke der modifizierten Pflegebefilmung ab. Ferner lässt sich eine lokale Änderung der Schichtdicke (Defektstellen in der Pflegebefilmung) identifizieren.

Durch das neue Verfahren zur Bewertung der Befilmungsqualität ist eine bedarfsgerechte Erneuerung von Pflegebefilmungen und somit eine wirtschaftliche Behandlung elastischer Bodenbeläge möglich.

**Entwicklung eines kontinuierlichen Hygienemonitoringsystems für raumluftechnische Anlagen, welche mikrobielle Luftverunreinigungen mittels ion jelly-Detektor kumulativ erfassen  
(IGF 19147 N, in Kooperation mit IUTA)**

In klimatisierten Räumen stellen mikrobiologische Kontaminationen eine wichtige zu kontrollierende Größe dar. Dies gilt besonders für hygienisch anspruchsvolle Bereiche, wie z.B. im Gesundheitswesen und in Produktionsbereichen der Lebensmittelindustrie. Dem Betreiber obliegt es nach VDI 6022, die Hygiene von raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) durch eine periodische Prüfung des Mikroorganismengehalts mittels Abklatschproben von der Luftkanalinnenwandung sicherzustellen. Diese Proben müssen anschließend über mehrere Tage in mikrobiologischen Laboren ausgewertet werden.

Lokal erhöhte Luftfeuchtigkeit und Kondensationseffekte können sporadisch oder langfristig zu kritischen Keimbelastungen im RLT-System und in der Zuluft führen. Solche mikrobiellen Kontaminationen können zwischen den Prüfintervallen für einen größeren Zeitraum unerkannt bleiben. Eine zeitnahe und kontinuierliche Hygienekontrolle von RLT-Anlagen kann nach dem aktuellen Stand der Technik

nicht allein durch punktuelle Kontrollen des Hygienezustands und den periodischen Austausch der Filtersysteme realisiert werden.

Das Projektziel ist die Entwicklung eines Monitoringsystems zur kontinuierlichen und kumulativen Überwachung der an der Innenwandung von RLT-Anlagen auftretenden Mikroorganismen. Das System erlaubt es, die hygienische Qualität von RLT-Anlagen kontinuierlich zu prüfen, Wartungs- und Filterwechselintervalle effektiv zu gestalten und konventionelle Abklatschuntersuchungen zu ersetzen. Das Verfahren basiert auf der Entwicklung eines *ion jelly*-Detektors, der ähnlich wie mikrobielle Abklatschplatten eine gelartige Struktur besitzt und der kontinuierlichen Sammlung luftgetragener mikrobieller Kontaminationen auf der Kanalinnenwand dient. Durch die Wechselwirkung von im *ion jelly* eingebetteten Fluorogenen mit den auf der Oberfläche immobilisierten Mikroorganismen kommt es zur Bildung von stabilen Reaktionsprodukten, deren Fluoreszenzintensität mit der Anzahl aufgebrachteter Mikroorganismen korreliert. Das Auslesen des *ion jelly*-Detektors erfolgt entweder berührungsfrei durch ein optisches Fenster in der gegenüberliegenden Kanalwand oder über eine direkte faseroptische Signalein- und auskopplung. Die Datenerfassung erfolgt periodisch-manuell durch Ablesen eines transportablen Messsystems oder kann durch ein permanent installiertes Messsystem an bestehende IT-Systeme angeschlossen werden. Von der Entwicklung profitieren Reinigungs-/Hygieneserviceleister sowie Hygieneberatungsunternehmen, die mit der Hygieneprüfung von RLT-Anlagen betraut sind, Hersteller von RLT-Anlagen und Filtermaterialien. Ferner sinken die Haftungsrisiken für die etwa 500.000 Betreiber von RLT-Anlagen in den Bereichen Gesundheitswesen, Lebensmittel-, Pharma- und Kosmetikindustrie.

### **Lichtinduzierte Be- und Entschichtung elastischer Bodenbeläge (IGF 18996 N)**

Zur Erhöhung der Nutzungsdauer und zum Erhalt ihres optischen Erscheinungsbilds werden elastische Bodenbeläge mit polymeren Pflegedispersionen befilmt. Die Pflegebefilmung verbessert das Anschmutz-, Reinigungs- und Verschleißverhalten der Bodenbeläge und bietet Schutz vor Kratzern, Abrieb und anderen Schäden durch Begehung. Vor allem in Bereichen mit hoher Beanspruchung ist

nach längerer Nutzungsdauer eine Grundreinigung mit anschließender Neubefilmung notwendig.

Die Erneuerung einer Pflegebefilmung ist sehr zeit-, personal- und kostenintensiv und führt zu erheblichen Verzögerungen im Betriebsablauf des Gebäudebetreibers: Die Grundreinigung erfolgt nasschemisch unter hohem Wasser- und Chemikalienverbrauch. Anschließend muss der elastische Bodenbelag ausreichend lange trocknen (bis zu 12 h), bevor er neu befilmt werden kann. In dieser Zeit kann der Bodenbelag nicht begangen werden. Um bei der anschließenden Reapplikation der Pflegedispersion eine intakte Filmbildung zu gewährleisten, sind ferner Trocknungszeiten von mindestens 30 min pro Pflegeschicht einzuhalten. Eine vollständige Belastbarkeit der Bodenbeläge ist meistens erst nach 24 h erreicht.

Eine photoschaltbare Pflegebefilmung auf Basis eines interpenetrierenden Netzwerks, die eine lichtinduzierte Be- und Entschichtung elastischer Bodenbeläge ermöglicht (Bestrahlung mit VIS-Licht zur Beschichtung bzw. Bestrahlung mit UV-Licht zur Entschichtung), wurde daher am wfk – Cleaning Technology Institute entwickelt. Das interpenetrierende Netzwerk der photoschaltbaren Pflegebefilmung wurde durch die Inkludierung eines Netzwerks mit schaltbaren Bindungsstellen in das Netzwerk einer herkömmlichen Pflegebefilmung realisiert.

Im Beschichtungsprozess zeigt die photoschaltbare Pflegebefilmung bereits nach einer Bestrahlung mit VIS-Licht für 150 s eine hohe Stabilität und Haftung am elastischen Bodenbelag. Im Entschichtungsprozess lässt sie sich nach Bestrahlung mit UV-Licht für 60 s unter geringem Aufwand mit einem feuchten Melaminpad entfernen. Da hierbei nur sehr geringe Mengen an Wasser auf dem elastischen Bodenbelag verbleiben, kann dieser nach der Entschichtung umgehend wieder lichtinduziert beschichtet werden.

### **Enzymatischer Komparatortest für Glutaraldehydrückstände auf flexiblen Endoskopen (IGF 18893 N)**

Ein Großteil der flexiblen Endoskope wird maschinell in Reinigungs-/Desinfektionsgeräten aufbereitet. Da diese Instrumente aus temperaturempfindlichen

Materialien aufgebaut sind, können sie nicht mit etablierten thermischen Desinfektionsverfahren behandelt werden, sondern müssen chemo-thermisch unter Einsatz von speziellen Desinfektionsmitteln aufbereitet werden. Als desinfizierender Wirkstoff wird in Deutschland überwiegend Glutaraldehyd (GA) verwendet.

Endoskope werden invasiv (im Körperinneren) angewendet und kommen daher mit Schleimhaut in Kontakt, daher dürfen keine Rückstände des hoch toxischen GA auf den Instrumenten verbleiben. GA-Rückstände verursachen schwere Entzündungsreaktionen wie z.B. GA-assoziierte Kolitis. Daher wurde als Grenzwert eine maximale GA-Menge von  $1,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  Instrumentenoberfläche festgelegt. Durch Kontrollen muss der Betreiber bzw. Aufbereiter prüfen, ob in Abhängigkeit von den verwendeten Aufbereitungsverfahren und den jeweils aufbereiteten Instrumenten die Sicherheit der Patienten gewährleistet ist.

Zur Prüfung kann eine sehr aufwendige Bestimmung der in-vitro-Zytotoxizität (nach DIN EN ISO 10993-5) oder eine kosten- und zeitintensive analytische Untersuchung der GA-Rückstandsmenge durchgeführt werden. Beide Untersuchungen müssen bei externen Analytiklaboren erfolgen, sodass die Ergebnisse routinemäßig nicht zur Freigabe der Instrumente verwendet werden können.

Im Zuge eines Forschungsprojektes entwickelte das wfk-Institut einen enzymbasierten GA-Schnellnachweis, der sowohl als Endproduktkontrolle direkt auf der Oberfläche aufbereiteter Endoskope als auch zusammen mit Prüfabschnitten als Prozesskontrolle der entsprechenden Aufbereitungsverfahren eingesetzt werden kann. Die neue Schnellnachweismethode ermöglicht es, innerhalb von 10 min eine sichere Aussage über das Vorhandensein von kritischen GA-Rückstandsmengen ( $1,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) auf Endoskopoberflächen zu treffen.

Der einfach anwendbare Schnelltest beruht auf dem Einsatz eines Enzym-Substrat-Systems, das auf einem folienförmigen Membranträger (Teststreifen) gebunden ist. Der Membranträger wird mit den zu prüfenden Stellen der Endoskopoberfläche in Kontakt gebracht und für exakt 10 Minuten inkubiert. Beim Vorliegen kritischer GA-Rückstandsmengen tritt eine Farbreaktion von blau/grün zu farblos auf.

Der Umschlagpunkt für die Farbreaktion wurde durch Einstellung des Systems auf  $1,0 - 1,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  GA festgelegt; oberhalb von  $1,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  GA tritt eine

vollständige Entfärbung ein und der Membranträger erscheint weiß. Da das neue Nachweissystem einfach anwendbar und auswertbar ist und Ergebnisse innerhalb von 10 Minuten vorliegen, ist es zur routinemäßigen Kontrolle vorzüglich in die Arbeitsprozesse der Endoskop-Aufbereitungseinheiten integrierbar.

Die Anwendbarkeit und Funktionalität des Schnelltestsystems unter praktischen Bedingungen wurden an aufbereiteten Realinstrumenten in Aufbereitungseinheiten von drei verschiedenen Krankenhäusern in NRW an insgesamt 11 Endoskopen (Bronchoskope, Gastroskope, Duodenoskope, Koloskope) getestet. Bei den Untersuchungen wiesen 6 der 11 Endoskope zumindest an einer Untersuchungsstelle (beprobt wurde das Distalende und der Einführschlauch) GA-Rückstandsmengen von  $>1,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  auf. Diese ersten stichprobenartigen Untersuchungsergebnisse verdeutlichen die praktische Bedeutung des entwickelten Schnelltests zur Erhöhung der hygienischen Sicherheit bei der Aufbereitung kritischer Medizinprodukte.

Von den Ergebnissen des Projekts profitieren professionelle Aufbereitungsdienstleister, die in den ca. 1950 Krankenhäusern sowie in zahllosen Praxen thermolabile Medizinprodukte mittels chemothermischer Desinfektionsverfahren aufbereiten. In Deutschland werden jährlich alleine etwa 8 Mio. Endoskope chemothermisch aufbereitet, die zukünftig mittels des biochemischen Schnelltests einer Überprüfung bezüglich der anforderungsgerechten Abwesenheit von GA-Rückständen unterzogen werden können, wodurch die Sicherheit für Patienten, Anwender und Dritte signifikant erhöht wird.

### **Bedarfsgerechte Feuchtmittelkonservierung mit enzymatisch aktivierbaren antimikrobiellen Systemen zur Vermeidung von Biofouling im Offsetdruck (IGF 18892 N, in Kooperation mit FOGRA)**

Biofouling führt im Offsetdruck zu einer erheblichen Beeinträchtigung des Druckprozesses und der Arbeitshygiene: Insbesondere Feuchtmittel mit geringem oder keinem Alkoholgehalt bieten ideale Wachstumsbedingungen für Mikroorganismen. Trotz praxisüblicher technischer Maßnahmen lässt sich das Wachstum von Mikroorganismen im Feuchtmittelkreislauf nicht vermeiden.

Das wfk-Cleaning Technology Institute e.V. hat zusammen mit dem Fogra-Institut e.V. ein Verfahren zur bedarfsgerechten Feuchtmittelkonservierung und somit zur Vermeidung von Biofouling im Offsetdruck entwickelt.

Um die Kontamination des Feuchtmittelkreislaufs mit Mikroorganismen unterhalb einer Schwellenkonzentration zu halten und so eine Beeinträchtigung des Druckprozesses zu vermeiden, wurden enzymatisch aktivierbare antimikrobielle Systeme entwickelt, die aus einem Netzwerk mit kovalent gebundenen zelllysierenden Substanzen bestanden.

Eine einfache Integration solcher Netzwerke kann im Feuchtmittelreservoir der Aufbereitungsanlagen von Druckmaschinen vor den jeweiligen Filtereinheiten erfolgen.

### **Parameterbezogene Prozesskontrolle der Desinfektion in gewerblichen Geschirrspülmaschinen auf Basis funktionalisierter Vesikel (IGF 18792 N)**

Geschirrspülprozesse werden in Hygiene-Qualitätsmanagementsystemen auf der Basis des Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)-Konzepts als kritische Kontrollpunkte definiert, die durch betriebliche Eigenkontrollen periodisch überprüft werden müssen. Hierzu werden u.a. Biomonitore eingesetzt, die in mikrobiologischen Laboren ausgewertet werden müssen; Ergebnisse liegen frühestens nach 2 Tagen vor. Die Beauftragung der Fachlabore verursacht hohe Kosten. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde eine parameterbezogene Prozesskontrolle auf Basis Farbstoff-markierter Vesikel entwickelt, die über verschiedene Areale verfügt, welche die Beurteilung der Gesamtprozessleistung (Areal 1), der Wirkung der Reinigerchemie (Areal 2), der Wirkung der Temperatur (Areal 3) und des Abtrags durch die Spülmechanik (Areal 4) ermöglichen. Die Vesikel wurden durch Einstellung der Zusammensetzung der Membranlipide an die Chemo- bzw. Thermosensitivität von *E. faecium* angepasst und für die jeweiligen Areale eingesetzt. Da die Vesikel keine Stabilität gegen Antrocknung der normativen Prüfanschmutzung RAMS zeigten, wurde eine Einschlussimmobilisierung in Alginatmatrices entwickelt. Im Spülprozess wurden beim Erreichen der entsprechenden Parameterkenngröße die jeweiligen Vesikel zerstört, so dass es

zur Freisetzung des inkludierten gequenchten Farbstoffs Calcein aus den Vesikeln kam, was durch eine Fluoreszenzfärbung der Areale einfach auswertbar war. Die gute Übereinstimmung mit dem normativen Prüfkörper entsprechend DIN SPEC 10534 konnte in praxisnahen Spülversuchen bestätigt werden. Den Reinigungsdienstleistern wird durch die Projektergebnisse eine eigenständig und schnell durchführbare Prozesskontrolle für gewerbliche Geschirrspülprozesse zur Verfügung gestellt.

### **Fassadenreinigung auf der Basis segregierender Gelnetzwerke (IGF 18607 N)**

Eine regelmäßige Fassadenreinigung ist für den Werterhalt eines Objektes unerlässlich. Insbesondere die Reinigung poröser Fassadenmaterialien stellt jedoch eine Herausforderung dar, da hartnäckige Verschmutzungen oft tief in derartige Baustoffe eindringen. Die Entfernung der fest haftenden Verschmutzungen ist mit den gegenwärtig verfügbaren Reinigungsverfahren nur unter hohem Personal- und Zeitaufwand möglich.

In einem Forschungsprojekt des wfk-Instituts wurde daher ein neues Verfahren zur wirtschaftlichen Reinigung poröser Fassadenmaterialien unter Anwendung segregierender Gelnetzwerke entwickelt. Derartige segregierende Gelnetzwerke bestehen aus amphiphilen Polymeren und einer flüssigen Phase (Wasser oder schmutzspezifische Reinigungsmittel).

Segregierende Gelnetzwerke ändern ihren Vernetzungszustand in Abhängigkeit von externen Stimuli. Dadurch wird bei der Applikation das Fassadenmaterial vollständig benetzt und durchdrungen, bei der Einwirkung eine gute Haftung im und am Fassadenmaterial sowie ein intensiver Kontakt zu vorhandenen Anschmutzungen erreicht und im Anschluss eine vollständige Abtrennung (Segregation) des Systems zusammen mit eingelagerten Anschmutzungen erzielt. Die segregierenden Gelnetzwerke liegen anschließend als fester Film an der Fassadenoberfläche vor, wo sie durch geringe mechanische Beanspruchung manuell oder maschinell entfernt werden können.

Die Reinigungswirkung segregierender Gelnetzwerke beruht auf dem amphiphilen Charakter der Polymere, die sich zwischen Fassadenmaterial und Schmutz

schieben und die Schmutzteilchen unter Einlagerung im Gelnetzwerk vom Fassade material ablösen können. Die Reinigungswirkung kann zudem durch Inkludierung schmutzspezifischer Reinigungsmitteln (flüssige Phase) weiter verbessert werden.

Unter Einsatz segregierender Gelnetzwerke wird eine hohe Schmutzentfernung und einfache Abtrennung von Reinigungsmittel und Anschmutzung aus den Fassadenmaterialien erreicht. Hierdurch wird eine effektive und schonende Fassadenreinigung ermöglicht.

### **Erneuerbare Pflegebefilmung für elastische Bodenbeläge auf der Basis gegenionischer Polymer-Adsorber-Systeme (IGF 18539 N)**

Für die Gebäudereinigungsunternehmen stellt die Reinigung und Pflege elastischer Bodenbeläge im Objektbereich ein wichtiges Marktsegment dar. Zur Erhöhung der Nutzungsdauer und zum Erhalt ihres optischen Erscheinungsbilds werden elastische Bodenbeläge in der Praxis mit Pflegedispersionen befilmt. Die temporäre Befilmung bietet den Bodenbelägen zum einen Schutz vor Kratzern, Abrieb, Gehspuren und verbessert zum anderen das Reinigungsverhalten.

Verschiedene Schmutzkomponenten können jedoch insbesondere bei längeren Kontaktzeiten trotz Befilmung mit herkömmlichen Pflegedispersionen (z.B. auf Basis von anionischen Polymeren), in die elastischen Bodenbeläge eindringen und diese irreversibel schädigen. Beispiele für derartig problematische Schmutzarten sind insbesondere alkoholische Desinfektionsmittel, jodhaltige Salben in Krankenhäusern, Arztpraxen und Pflegeheimen sowie Inhaltsstoffe von Arzneimitteln, Kosmetika, Parfüm und weiteren Produkten aus dem Beauty- und Wellnessbereich (Salben und Cremes, Haarfärbemittel, Massageöl etc.). Darüber hinaus werden Verfärbungen durch Migration von Weichmachern und Antioxidantien beispielsweise aus Möbelgleitern, Fahrrad- und Autoreifen verursacht.

Zur Verbesserung der Barrierefunktion von Pflegebefilmungen gegenüber permeativen Schmutzkomponenten wurde eine zweischichtige Pflegebefilmung für elastische Bodenbeläge, die eine hohe Beständigkeit gegenüber schädigenden Schmutzkomponenten aufweist, entwickelt.

Die entwickelten Zweischichtsysteme bestehen aus einer kationischen Polymerschicht mit inkludierten anionischen Adsorbentien und einer wachshaltigen, anionischen Polymerschicht als oberster Schicht.

Diese Systeme weisen eine im Vergleich zu herkömmlichen Pflegebefilmungen höhere Barrierewirkung auf.

### **Biochemische Synchronbestimmung von hygiene relevanten Mikroorganismen und Gesamtkeimzahl auf Oberflächen (IGF 18467 N)**

In hygienisch anspruchsvollen Bereichen sind Hygiene-Qualitätsmanagement-Systeme (QM), von großer Bedeutung, da die hygienischen Anforderungen stetig steigen. Zur Überprüfung der Qualität der in den QM-Systemen festgelegten Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen werden routinemäßig stichprobenartige Endproduktkontrollen vorgenommen. Derzeit werden Abklatschplatten zur Beprobung der Oberflächen verwendet, die von externen mikrobiologischen Fachlaboratorien inkubiert und ausgewertet werden müssen. Dies erfordert einen Zeitraum von mindestens 2 Tagen und führt zu hohen Kosten. Deshalb besteht ein großer Bedarf nach innovativen Verfahren, die zeitnah eine Bestimmung hygiene relevanter Mikroorganismen sowie der Gesamtkeimzahl auf Oberflächen im Rahmen einer Eigenkontrolle ermöglichen.

Daher wurde am wfk-Institut ein neues Verfahren zur Beprobung von Oberflächen auf der Basis von Lektin-funktionalisierten thermosensitiven Polymerbürsten entwickelt. Diese Polymerbürsten werden ähnlich einer Abklatschplatte genutzt, um Mikroorganismen von Oberflächen abzunehmen. Die beweglichen Ketten der Polymerbürste sind in der Lage, auch in Vertiefungen strukturierter Oberflächen einzudringen und somit Oberflächen effektiv zu beproben.

Bei stark strukturierten Oberflächen wird bei der Abnahme der Probenträger die Thermosensitivität der Polymerbürsten zur Erhöhung der Stabilität des Systems genutzt. Durch einen kurzen Temperaturreiz verkürzen und verdichten sich die Ketten in Richtung des Bürstensubstrats und lösen die Mikroorganismen von der Oberfläche ab. Zur Visualisierung und Quantifizierung der gebundenen Mikroorganismen wird die Polymerbürste mit fluoreszierenden Quantum Dots inkubiert,

die mit Antikörpern oder Lektinen funktionalisiert wurden. Dieses Verfahren ermöglicht die Bestimmung hygienerelevanter Mikroorganismen (Antikörper-funktionalisierte Quantum Dots), und in einem zweiten Schritt aller Mikroorganismen (Lektin-funktionalisierte Quantum Dots), auf demselben Probenträger innerhalb von maximal zwei Stunden.

### **Optochemische Pflegebefilmungen zur Kontrolle der Oberflächenbenetzung bei Reinigungs- und Desinfektionsprozessen (IGF 18300 N)**

In hygienisch anspruchsvollen Bereichen ist es auch aufgrund der steigenden hygienischen Anforderungen unverzichtbar, die Qualität von Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen zeitnah zu kontrollieren und zu dokumentieren. Um eine ausreichende Desinfektion und Schmutzentfernung zu gewährleisten, ist eine vollständige Benetzung der gesamten behandelten Oberfläche zwingend notwendig. Derzeit lässt sich die Benetzung von elastischen Bodenbelägen jedoch nicht während des Wischvorgangs nachvollziehen. Zur Überprüfung der Qualität von Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen werden routinemäßig Endproduktkontrollen mit Hilfe von Abklatschplatten vorgenommen. Die Probenahme erfolgt nur stichprobenartig und die Abklatschplatten müssen anschließend durch externe mikrobiologische Fachlaboratorien inkubiert und ausgewertet werden, was mindestens zwei Tage beansprucht und zu hohen Kosten führt. Aufgrund der langen Untersuchungsdauer können ggf. erforderliche Korrekturmaßnahmen bei Reinigung und Desinfektion nur mit großer zeitlicher Verzögerung erfolgen. Daher wurde ein neues Verfahren zur Kontrolle der Oberflächenbenetzung elastischer Bodenbeläge während des Wischvorgangs auf der Basis optochemischer Pflegebefilmungen entwickelt. Diese Pflegebefilmungen basieren auf Lösungsmittel-responsiven Kern-Schale-Latexpartikeln, die bei Kontakt mit Reinigungs- und Desinfektionsmittellösungen einen reversiblen Farbumschlag zeigen. Derartige Kern-Schale-Latexpartikel bestehen aus einem hydrophoben Polymerkern, der mit einer hydrophilen Polymerhülle ummantelt ist. Schichten dieser Kern-Schale-Latexpartikel sind im trockenen Zustand transparent und farblos, da der Brechungsindex von Kern und Schale nahezu gleich ist und somit keine Lichtstreuung in der Schicht auftritt. Kommen die Kern-Schale-Latexpartikel mit einem

polaren Lösungsmittel (z.B. Wasser in Reinigungs- und Desinfektionsmittellösungen) in Kontakt, wird dieses ausschließlich in den hydrophilen Schalen eingelagert, wodurch ein Brechungsindexunterschied zwischen Kern und Schale resultiert. Dadurch wird Licht an der Latexschicht gestreut und sie wird farbig.

### **Erneuerbare antimikrobielle Peptid-Primersysteme zur Gewährleistung einer nachhaltigen Hygiene elastischer Bodenbeläge im Gesundheitsbereich (IGF 18177 N)**

Aufgrund der hohen Zahl nosokomialer Infektionen und der zunehmenden Ausbreitung Antibiotika-resistenter Mikroorganismen steigen im Gesundheitswesen die Hygieneanforderungen. Eine sachgerechte Flächenreinigung und -desinfektion liefert einen Beitrag zur Reduzierung nosokomialer Infektionen.

Hierbei ist auch die Fußbodenreinigung bzw. -desinfektion zu berücksichtigen, da Bodenflächen den weitaus größten Anteil aller Oberflächen ausmachen und darüber hinaus deren Keimkontamination höher sein kann als die Kontamination anderer Flächen.

Da nach Reinigung und Desinfektion aufgrund der permanenten Begehung der Fußböden eine schnelle Rekontamination mit Mikroorganismen erfolgt, ist davon auszugehen, dass sich der Hygienestatus durch erneuerbare, zwischen zwei Reinigungs- bzw. Desinfektionsmaßnahmen nachhaltig desinfizierend wirkende Systeme verbessern lässt.

Deshalb wurde zur Entwicklung solcher Systeme im Rahmen des Projektes ein völlig neuer Lösungsansatz untersucht. Dieser basiert auf erneuerbaren antimikrobiellen Peptid-Primersystemen zur Gewährleistung einer nachhaltigen Hygiene elastischer Bodenbeläge im Gesundheitsbereich. Diese Systeme bestehen aus antimikrobiellen Peptiden als keiminaktivierenden Substanzen und einem Primersystem mit pH-abhängig kationischer Ladung.

## **Trockenentschichtung elastischer Bodenbeläge mit nicht thermischen Atmosphärendruckplasmen (IGF 18035 BG)**

Elastische Bodenbeläge werden für eine optimale Reinigungsfähigkeit meist mit einer temporären Beschichtung auf Polymerbasis versehen, welche die Schmutzhaftung auf den Belägen minimiert. Nach längerer Nutzungsdauer ist vor allem in Bereichen hoher Beanspruchung eine nasschemische Grundreinigung und Neubeschichtung notwendig, um die Bodenbeläge wieder in einen optisch einwandfreien Zustand zu versetzen und Verschleißerscheinungen zu minimieren. Die Grundreinigung weist jedoch die Nachteile langer Trocknungsdauer, hohen Personalaufwands und hohen Wasser- und Chemikalienverbrauchs auf.

Ziel des Forschungsprojektes war die Entwicklung eines neuen wasserfreien Grundreinigungsverfahrens auf der Basis von Atmosphärendruckplasma, das keine Trocknungszeiten vor einer Neubeschichtung erfordert und dadurch die erzielbaren Flächenleistungen des Gebäudereinigers deutlich erhöht. Hierzu wurden zunächst erneuerbare plasmaaktive Pflegebefilmungen entwickelt, die einerseits gute Haftung auf den Bodenbelägen aufweisen und andererseits durch eine Plasmabehandlung wieder leicht von den Belägen zu entfernen sind.

Die Pflegebefilmungen wurden im Zweischichtverfahren entwickelt. Die untere Schicht (Intumeszenzschicht) sorgt für eine Absorption der durch das Plasma entstehenden Wärme und wird zusammen mit einer oberen Wärmeleitschicht während der Behandlung der Beläge „abgesprengt“. Des Weiteren wurden Untersuchungen zur herstellerseitigen Integration plasmaaktiver Intumeszenzschichten in die Deckschicht zukünftiger Bodenbelagsgenerationen durchgeführt. Abschließend wurde ein mobiles Funktionsmuster zur plasmabasierten Trockenentschichtung entwickelt.

Das plasmabasierte Trockenentschichtungsverfahren mit zugehörigem mobilem Reinigungsgerät erreicht bei hoher Flächenleistung eine rückstandsfreie Entfernung des Zweischichtsystems ohne Beschädigung der elastischen Bodenbeläge. Aufgrund der Einsparungen an Personal und Wasser sind damit Gesamteinsparungen in Höhe von von 1 €/m<sup>2</sup> im Vergleich zur herkömmlichen wasserbasierten Grundreinigung zu erzielen.

## **Entwicklung eines wasserbasierten Reinigungsverfahrens für Druckmaschinengehäuse (IGF 17952 N)**

Die Industriereinigung stellt für die Reinigungsdienstleister einen wirtschaftlich bedeutsamen und ausbaufähigen Zukunftsmarkt dar. Die Reinigung von Druckmaschinengehäusen ist hierfür ein typisches Beispiel: Um eine hohe Druckqualität zu gewährleisten, ist nicht nur die Sauberkeit der in den Druckmaschinen befindlichen Gummiwalzen und -zylinder, sondern auch die Sauberkeit der Maschinengehäuse ein zentrales Element im Qualitätsmanagement der letzten Jahre geworden.

Insgesamt steigen damit die Anforderungen an die Reinigung von Druckmaschinengehäusen kontinuierlich an. Sowohl im Bogenoffsetdruck mit UV-Druckfarben als auch im Heatset-Rollenoffsetdruck und beim Zeitungsdruck mit herkömmlichen Druckfarben lagern sich Aerosole an den Gehäusen der Druckmaschinen ab. Diese Ablagerungen können zu Druckfehlern infolge einer Verschleppung der Druckfarbe auf die zu bedruckenden Oberflächen führen.

Der Einsatz gegenwärtig verwendeter organischer Lösemittel zur Entfernung dieser stark haftenden Druckfarben bedingt kostenintensive Maßnahmen des Arbeits- und Umweltschutzes, außerdem sind die Reinigungsverfahren sehr kosten-, personal- und zeitintensiv. Wesentliche Voraussetzung zur wirtschaftlichen Erschließung dieses Marktpotentials für Reinigungsdienstleister sind daher ökologische und ökonomische Reinigungsverfahren zur Entfernung der Druckfarben.

Ziel des Projektes war die Entwicklung einer erneuerbaren Soil-Release-Beschichtung, die als temporäre Schutzschicht zwischen Maschinengehäuse und Druckfarbe aufgebracht wird. Die Schutzschicht sollte zusammen mit darauf abgelagerten Ansammlungen mit einem zu entwickelnden wasserbasierten Reinigungsverfahren ohne Einsatz organischer Lösemittel entfernt werden können. Nach Entwicklung geeigneter mikroporöser thixotroper Soil-Release-Hydrogele und geeigneter Applizierverfahren für relevante Oberflächen wurden die Oberflächen mit typischen Druckfarben angeschmutzt und ein Reinigungsverfahren mit Behandlungsempfehlungen erarbeitet. Dabei wurden u.a. das Migrationsverhalten der Druckfarben in die Beschichtung, deren Wassergehalt, das Auftreten von

Korrosion und der Einfluss des Feuchtmittels auf die mechanische Beständigkeit berücksichtigt.

Das entwickelte Soil-Release-Hydrogel wurde unter Praxisbedingungen in drei Betrieben erfolgreich erprobt. Selbst bei starker Anschmutzung über 6 Wochen konnten die Druckfarben mit dem entwickelten wasserbasierten Reinigungsverfahren von den Bauteilen entfernt werden. Der Zeitaufwand des wasserbasierten Verfahrens ist vergleichbar mit dem konventioneller lösemittelbasierter Verfahren. Die anfallenden Kosten sind jedoch niedriger und der Einsatz organischer Lösemittel entfällt. Die Forschungsarbeiten wurden vom wfk - Cleaning Technology Institute in Krefeld in Zusammenarbeit mit dem Fogra-Institut e.V., München, durchgeführt.

### **Prozesskontrolle der Flächendesinfektion auf der Basis funktionalisierter Proteoliposomen (IGF 17922 N)**

Hygiene- und Desinfektionspläne stellen in hygienisch anspruchsvollen Bereichen, wie z.B. der Pharma- und Lebensmittelindustrie sowie dem Kosmetik- und Gesundheitssektor, einen bedeutenden Bestandteil von Qualitätsmanagementsystemen dar. In diesen Plänen ist die regelmäßige Durchführung von Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen festgelegt. Zur Überprüfung des Erfolgs der Reinigung und Desinfektion werden stichprobenartige Endproduktkontrollen durchgeführt. Da für die Überprüfung der Flächendesinfektion aktuell keine geeigneten Schnelltests zur Verfügung stehen, werden gegenwärtig klassische mikrobiologische Methoden, wie das Abklatsch- oder Tupfverfahren verwendet. Solche Endproduktkontrollen sind jedoch sehr zeit- und kostenintensiv, da diese zumeist an externe Laboratorien vergeben werden müssen. Die lange Untersuchungsdauer macht es unmöglich, gegebenenfalls erforderliche Korrekturmaßnahmen bei der Desinfektion zeitnah durchzuführen.

Ziel des Forschungsvorhabens war daher die Entwicklung einer Prozesskontrolle für Gebäudereinigungsdienstleister zur einfachen und schnellen Eigenkontrolle von Flächendesinfektionsprozessen auf der Basis von Proteoliposomen mit inkludiertem selbstquenchendem Fluoreszenzfarbstoff.

Mikroorganismen besitzen eine Membran, die Zielstrukturen für Desinfektionsmittelwirkstoffe enthält. Durch den Einsatz von Proteoliposomen als Membranmodelle lassen sich diese Zielstrukturen simulieren. Daher wurden solche Proteoliposomen zur Entwicklung eines Prüfmonitors verwendet.

Unter Einsatz verschiedener Lipide und Proteine wurden Proteoliposomen hergestellt. Eine Funktionalisierung der Proteoliposomen erfolgte mit einem Fluoreszenzfarbstoff, der in hohen Konzentrationen die Eigenschaft einer Fluoreszenzlöschung (keine Fluoreszenz) aufweist und nach Verdünnung ein starkes Fluoreszenzsignal emittiert. Die Immobilisierung der Proteoliposomen wurde auf einer Trägermatrix durch Einbettung in ein Hydrogel vorgenommen. Der Prüfmonitor wurde auf die zu desinfizierende Oberfläche platziert und mitbehandelt. Durch die Einwirkung des Desinfektionsmittels wurden die Proteoliposomen analog zu den Mikroorganismen zerstört und der inkludierte Farbstoff freigesetzt. Die Qualität des Desinfektionsprozesses wurde im UV-Licht anhand der Fluoreszenzintensität des freigesetzten Farbstoffes beurteilt, die mit dem Grad der Keimreduktion korreliert.

Somit wurde eine Prozesskontrolle entwickelt, die im Rahmen von Eigenkontrollen in Qualitätsmanagementsystemen genutzt werden kann, um mögliche Fehler im Desinfektionsprozess zeitnah zu detektieren und ggf. erforderliche Korrekturmaßnahmen sofort einzuleiten.

### **Entwicklung eines neuartigen Niedertemperatur-Sterilisationsverfahrens auf der Basis von überkritischem Kohlendioxid und von kompatiblen Nanokompositen für Medizinprodukte (IGF 98 EN)**

Thermolabile Medizinprodukte, die chirurgisch invasiv eingesetzt werden, so z.B. auch flexible Endoskope, die in der keimfreien Körperhöhle eingesetzt werden, sind hinsichtlich der Aufbereitung als „Kritisch C“-Produkte klassifiziert und müssen mit speziellen Niedertemperatur (NT)-Verfahren sterilisiert werden. Die hierzu konventionell eingesetzten NT-Verfahren basieren auf der Anwendung von toxisch bedenklichen chemischen Agenzien, wie z.B. Ethylenoxid, auf radioaktiver Strahlung ( $^{60}\text{Co}$ ) oder sind hinsichtlich der Verfahrenswirksamkeit bei

geometrisch komplexen Instrumenten als kritisch zu bewerten. Zielsetzung des Projektes war die Entwicklung eines neuartigen NT-Sterilisationsverfahrens (< 40 °C) auf der Basis von hochkomprimiertem, überkritischem Kohlendioxid (SCCO<sub>2</sub>), welches die Sterilisation von thermolabilen, geometrisch komplexen Medizinprodukten wie z. B. flexiblen Endoskopen ermöglicht. Die Forschungsarbeiten hierzu wurden am wfk - Cleaning Technology Institute (Deutschland) durchgeführt. Zur Entwicklung eines SCCO<sub>2</sub>-Sterilisationsverfahrens wurden verschiedene Prüfkörper entwickelt und diese mit unterschiedlichen Mikroorganismen in SCCO<sub>2</sub>-Prozessen eingesetzt. Zur Steigerung der antimikrobiellen Wirkung wurde eine geeignete Additivkombination entwickelt. Verschiedene Sterilbarriersysteme wurden auf ihre Kompatibilität mit dem SCCO<sub>2</sub>-Prozess hin untersucht und ein geeignetes System auf der Basis von Tyvek®/Folie implementiert. Eine umfassende Untersuchung des Einflusses der Parameter Relativbewegung, Druck und Phasenzustand auf die antimikrobielle Wirkung gegenüber Endosporen zeigte, dass Phasenübergangszyklen (überkritisches → flüssiges CO<sub>2</sub>) und Relativbewegung des SCCO<sub>2</sub> einen wesentlichen Einfluss auf die Inaktivierung von Mikroorganismen beim Einsatz von geometrisch komplexen Prüfkörpern haben. Die Wirksamkeit des SCCO<sub>2</sub>-Prozesses wurde an geometrisch komplexen schlauchförmigen Prüfkörpern bestätigt. Auf Basis der charakterisierten Parameterkenngrößen kann das Verfahren für Anwendungen in der Praxis in Abhängigkeit von den zu sterilisierenden Medizinprodukten angepasst werden.

Parallel hierzu wurden von der Montanuniversität Leoben (Österreich) neue, polymere Werkstoffe mit Kompatibilität gegenüber SCCO<sub>2</sub>-Sterilisationsverfahren entwickelt, die für die Herstellung von Medizinprodukten, wie z.B. flexiblen Endoskopen zur Verfügung gestellt werden. Durch das Einbringen von Nanopartikeln (z.B. Cellulose bzw. Zeolith) als Füllstoff in entsprechende Polymere wurde die Barrierewirkung/Diffusionsfestigkeit der Materialien verbessert und eine Kompatibilität gegenüber SCCO<sub>2</sub> erzielt. Die Verwendung von 2-5 % der Füllstoffe zeigte die besten Ergebnisse in Bezug auf Minimierung der CO<sub>2</sub>-Aufnahme (bis zu 90 %) und mechanische Eigenschaften. Es konnten vier Nanokomposite mit hervorragender Kompatibilität gegenüber SCCO<sub>2</sub> entwickelt werden, welche für die Herstellung zukünftiger Generationen von Medizinprodukten zur Verfügung stehen.

Von den Forschungsergebnissen profitieren Aufbereitungsdienstleister bzw. Aufbereiter, Betreiber und Anwender der Instrumente sowie Patienten in den etwa 30.000 Krankenhäusern und unzähligen niedergelassenen Arztpraxen im Bereich der EU. Weitere Nutzer sind die Hersteller von Hochdruckanlagen und Sterilisatorsystemen. Von der Entwicklung neuer Nanokomposite für eine neue Generation von Medizinprodukten profitieren mehrere tausend Medizintechnikfirmen.

### **Entwicklung thermisch schaltbarer Dosiersysteme für einen LAMP-Schnellnachweis von MRSA (IGF 17775 N)**

Aufgrund mangelnder Hygiene entstehen in Deutschland jährlich zwischen 0,8 und 1,2 Mio. nosokomiale Infektionen, von denen 20.000 bis 70.000 tödlich enden. Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus* (MRSA) stellen inzwischen mit einem Anteil von 12,5 % eine der häufigsten Ursachen für nosokomiale Infektionen dar. Bereits die Einrichtung und Kontrolle von Hygieneschutzmaßnahmen führen zu einer effizienten Prävention gegen MRSA-Infektionen. Daher ist der regelmäßige Nachweis über erfolgreich durchgeführte Desinfektionsmaßnahmen durch Krankenhausbetreiber und Reinigungsdienstleister von wachsender Bedeutung.

Da geeignete Schnellmethoden für die Eigenkontrolle gegenwärtig nicht zur Verfügung stehen, verwenden die Reinigungsdienstleister derzeit Abklatschplatten zur Beprobung der Oberflächen. Anschließend müssen die Abklatschplatten von externen mikrobiologischen Fachlaboratorien inkubiert und ausgewertet werden. Diese Methode ist kostenaufwendig und liefert frühestens nach 3 Tagen Ergebnisse.

Das Forschungsziel des Projektes bestand in der Entwicklung eines Schnellnachweises für MRSA auf Oberflächen, der von Reinigungsdienstleistern im Rahmen von Eigenkontrollen eingesetzt werden kann. Hierdurch liegen Nachweise für erfolgreich durchgeführte Desinfektionsmaßnahmen spätestens nach 3 Stunden vor, so dass eine kontinuierliche Überwachung und Dokumentation der Desinfektionsmaßnahmen im Rahmen der innerbetrieblichen Eigenkontrolle ohne Fachpersonal ermöglicht wird.

Als Grundlage für die Entwicklung des Schnellnachweises wurde die LAMP-PCR zum spezifischen genetischen Nachweis von MRSA etabliert. Auf Basis der entwickelten Farbreferenzskala können die amplifizierten DNA-Mengen in einem Farbbeurteilungsschema semi-quantitativ beurteilt werden. Um falsch-positive Ergebnisse zu unterbinden, wurde ein vorgeschalteter Schritt zum Abbau freigesetzter externer DNA aus abgetöteten Mikroorganismen entwickelt. Um anschließend die für den Schnellnachweis benötigte Ziel-DNA aus MRSA freizusetzen, wurden die optimalen Lyse- und DNA-Extraktionsbedingungen ermittelt. Ein zusätzlicher DNA-Reinigungsschritt unter Verwendung von DNA-bindenden magnetischen Beads diente zur Vermeidung von inhibierenden Effekten der verwendeten Lysereagenzien.

Zur Substitution der im LAMP-Verfahren erforderlichen Pipettierschritte wurden Hydrogele als thermisch schaltbare Dosiersysteme entwickelt, die bei einer bestimmten Temperatur definierte Volumina der Lyse- sowie LAMP-Reagenzien abgeben. Der Einsatz der thermisch schaltbaren Dosiersysteme wurde in Versuchen zur Bestimmung der thermosensitiven Quelleigenschaften, der mechanischen Stabilität sowie der Be- und Entladungseigenschaften untersucht. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde ein Funktionsmuster des LAMP-Schnellnachweises von MRSA mit thermisch schaltbaren Dosiersystemen entwickelt.

Somit wurde ein MRSA-Schnelltest entwickelt, der im Rahmen von Eigenkontrollen in Qualitätsmanagementsystemen genutzt werden kann, um mögliche Fehler im Desinfektionsprozess zeitnah zu detektieren und ggf. erforderliche Korrekturmaßnahmen sofort einzuleiten.

### **Entwicklung eines biokatalytischen Farbindikatorsystems zur Prozesskontrolle der Desinfektion in gewerblichen Geschirrspülmaschinen (IGF 17664 N)**

Die Anforderungen an die Geschirrhgiene ergeben sich aus den für Großküchen und Lebensmittelbetriebe geltenden EU-Lebensmittelhygieneverordnungen (EG) 852-854/2004, die ein Hygienemanagementsystem auf der Basis des HACCP-Konzepts (Hazard Analysis and Critical Control Point) fordern. Im Rahmen dieser

Hygienemanagementkonzepte müssen insbesondere auch Geschirrspülprozesse als kritische Kontrollpunkte festgelegt und durch Eigenkontrollen periodisch vom Betreiber überprüft werden. Die normativ beschriebenen Endprodukt- und Prozesskontrollen (z.B. in DIN SPEC 10534) weisen jedoch große Nachteile auf. Diese sind in der Anwendung klassischer mikrobiologischer Kultivierungsmethoden begründet, bei denen aufgrund der benötigten Kultivierungsdauer der Mikroorganismen erst nach mehreren Tagen Ergebnisse vorliegen. Darüber hinaus müssen diese Untersuchungen von externen mikrobiologischen Fachlaboratorien durchgeführt werden, sodass sich für die Betreiber der Spülmaschinen hohe Kosten ergeben. Im Rahmen des Projektes wurde ein neues Schnelltestsystem zur Prozesskontrolle von Geschirrspülprozessen entwickelt, bei dem die spezifische Aktivität von Enzymen über Farbstoffsysteme angezeigt wird. Da Keimabtötungsprozesse zu einem überwiegenden Anteil auf proteindenaturierenden Effekten beruhen, kann die Keiminaktivierung ebenfalls anhand der Denaturierung von Enzymen dargestellt werden. Funktionsmuster der entwickelten enzymatischen Prüfkörper bestanden aus porösen 1,2 cm hohen Keramiken mit einem Umfang von 4,5 cm. Mit Enzym beladen zeigten sie sowohl im Labor als auch in der Praxis (exemplarischer Einsatz in 6 Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung) eine gute Übereinstimmung mit Prüfkörpern auf Basis von Mikroorganismen. Das enzymatische System ermöglichte eine Beurteilung der Desinfektionswirkung von gewerblichen Spülmaschinen über eine visuelle Auswertung von farbigen Reaktionsprodukten, die aus chromogenen Substraten freigesetzt wurden, innerhalb von ca. 10 Minuten. Der entwickelte Schnelltest ist kostengünstig und erfordert weder mikrobiologisch ausgebildetes Fachpersonal noch ein Labor. Durch dieses Schnelltestsystem, das eine routinemäßige, hochfrequente Prozesskontrolle auf einfache Art zulässt, wird die hygienische Sicherheit bei der Geschirrdesinfektion erhöht.

### **Entwicklung neuartiger bioresorbierbarer Implantatmaterialien sowie kompatibler Sterilisationsverfahren (IGF 17455 BG)**

Zur Therapie von großräumigen Knochen- und Knorpeldefekten besteht ein wachsender Bedarf an biomimetischen, bioresorbierbaren Implantaten. Diese müssen einer Sterilisation unterzogen werden, sind jedoch äußerst empfindlich gegenüber den

etablierten Sterilisationsverfahren. Das Ziel des Kooperationsprojektes von Technischer Universität Dresden und wfk - Cleaning Technology Institute war, neue Implantatmaterialien mit optimierten Eigenschaften sowie geeignete kompatible Niedrigtemperatur-Sterilisationsverfahren auf der Basis von überkritischem CO<sub>2</sub> (SCCO<sub>2</sub>) zu entwickeln. Die Wirkung der entwickelten SCCO<sub>2</sub>-Verfahren wurde anhand bakterieller Endosporen der Art *Bacillus atrophaeus* untersucht, lieferte Inaktivierungskinetiken und ermöglichte die Bestimmung von D-Werten (dezimale Reduktionszeiten). Diese lagen für einen Prüfkörper auf der Basis eines Hydrogels zwischen 1,1 und 3,6 min. Aufgrund der ermittelten Verfahrenswirksamkeit ist das Sterilitätssicherheitsniveau (SAL) von 10<sup>-6</sup> (DIN EN 556-1) abhängig von der Ausgangsbelastung mit Mikroorganismen innerhalb von 30 - 45 Minuten erreichbar. Da neben der sicheren Keimabtötung auch die Verträglichkeit gegenüber den empfindlichen bioresorbierbaren Materialien Voraussetzung für die Eignung des Verfahrens zur Sterilisation der Implantate ist, wurden die Materialeigenschaften und die Zytokompatibilität behandelte Grundstoffe und Implantatmaterialien untersucht. Es zeigte sich eine gute Materialverträglichkeit mit verschiedenen bioresorbierbaren Materialien. Die Experimente zur Besiedlungsfähigkeit behandelte Scaffolds mit humanen mesenchymalen Stammzellen zeigten teilweise eine deutlich verbesserte Proliferation der Zellen im Vergleich zu etablierten Sterilisationsverfahren auf der Basis von Dampf, Gammastrahlung oder Ethylenoxid (EO). Experimente zur Erzeugung poröser Scaffolds durch die Integration der SCCO<sub>2</sub>-Behandlung in den Herstellungsprozess ergaben vielversprechende Scaffold-Strukturen vor allem unter Verwendung von Pektin und mineralisiertem Kollagen. Von den Forschungsergebnissen profitieren betroffene Patienten, Firmen der Medizintechnikbranche und des Geräte- und Anlagenbaus für Sterilisationstechnik. Nicht zuletzt kommen die Ergebnisse Einrichtungen der Gesundheitsversorgung und externen Sterilisationsdienstleistern zugute, die ein geeignetes Verfahren zur Sterilisation bioresorbierbarer Implantate anbieten können.

### **Entwicklung eines Verfahrens zur Verbesserung der Reinigung und Hygiene textiler Bodenbeläge auf der Basis von Kohlendioxid-Clathraten (IGF 17402 N)**

Textile Bodenbeläge werden in großem Umfang eingesetzt. Dies gilt mehr und mehr auch für den Gesundheits- und Hygienebereich. Die Reinigung textiler

Bodenbeläge stellt die Gebäudereinigungsunternehmen vor große Herausforderungen. Die effiziente und hygienische Reinigung textiler Bodenbeläge ist nur im Rahmen einer Grundreinigung möglich. Hierbei bringt das wichtigste Verfahren, die Sprühextraktion, verschiedene Nachteile mit sich. Hierzu gehören der hohe Wassereintrag, die daraus resultierenden langen Trocknungszeiten und damit verbundenen Stillstandzeiten für die Betreiber, aber auch die potentielle Schädigung des textilen Bodenbelags. Im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens wurden erstmals Kohlendioxid-Clathrate für die Reinigung textiler Bodenbeläge verwendet. Diese Kohlendioxid-Clathrate wurden sowohl in reiner Form als auch mit eingelagertem Ethanol in einem 10 l-Druckreaktor aus Kohlendioxid und Wasser bei einem Druck von 30-50 bar und Temperaturen zwischen 0 °C und 5 °C hergestellt. Zur Charakterisierung der Kohlendioxid-Clathrate wurden neben TOC-Messungen auch Dichtebestimmungen sowie UV-Vis-Messungen durchgeführt. Eine Lagerung der Clathrate war bei Temperaturen von -20 °C über mehrere Tage möglich. Die Applikation der Clathrate auf die textilen Bodenbeläge erfolgte durch ein Strahlverfahren mittels eines im Rahmen des Projektes gebauten Funktionsmusters. Das entwickelte Clathrat-Reinigungsverfahren besitzt im Vergleich zum Sprühextraktionsverfahren entscheidende Vorteile: Die Clathrate können als Feststoff auf textile Bodenbeläge appliziert und wieder entfernt werden. Hieraus resultiert eine geringe Restfeuchte, so dass die Bodenbeläge bereits nach sehr kurzer Zeit wieder begangen werden können. Die Zeiträume, in denen die textilen Bodenbeläge nicht genutzt werden können, werden somit auf ein Minimum reduziert. Das Clathrat-Verfahren zeigte bei der Entfernung unterschiedlicher Anschmutzungen von verschiedenen textilen Bodenbelägen eine mit dem Sprühextraktionsverfahren vergleichbare Reinigungswirkung. Auch die Desinfektionswirkung des Clathrat-Verfahrens bei der Behandlung mikrobieller Anschmutzungen war mit dem Sprühextraktionsverfahren vergleichbar. Aufgrund dieser Ergebnisse sowie hoher Flächenleistung und niedriger Kosten stellt das neue Verfahren zur Reinigung textiler Bodenbeläge mit Kohlendioxid-Clathraten eine vorteilhafte Alternative zum konventionellen Sprühextraktionsverfahren dar.

**Entwicklung eines Verfahrens zur Reinigung industrieller Teile  
auf der Basis von Stoßwellen und ionischen Flüssigkeiten  
in komprimiertem Kohlendioxid  
(IGF 17327 N)**

Im Rahmen der industriellen Teilereinigung muss in unterschiedlichsten Branchen (z.B. Automobil-Industrie, Maschinen-, Anlagen- und Gerätebau, Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik sowie Optik-, Schmuck und Elektronikindustrie) eine Vielzahl verschiedener Teile, vom Rohmaterial über Halbzeuge bis hin zu fertig montierten Baugruppen und Endprodukten, von unterschiedlichsten filmischen und partikulären Verunreinigungen befreit werden. Art und Menge der Verunreinigungen variieren dabei stark. Die nachfolgende Verwendung bzw. Weiterverarbeitung der Teile bestimmt die jeweilige Reinheitsanforderung und den zu deren Erreichung notwendigen Reinigungsprozess. Stand der Technik ist einerseits die Reinigung mit halogenfreien Lösemitteln (z.B. Kohlenwasserstoffe) oder (in geringerem Umfang) mit chlorierten Lösemitteln, andererseits die Reinigung mit wässrigen Systemen. Sowohl organische Lösemittel als auch wässrige Systeme weisen verschiedene Nachteile hinsichtlich verfahrenstechnischer, wirtschaftlicher und ökologischer Aspekte auf. Ferner müssen sie nach der Reinigung einer aufwändigen Aufbereitung unterzogen werden (z.B. Verdampfung, Vakuumdestillation, Membranfiltration). Neben der maschinellen Anwendung der genannten Reinigungssysteme ist in Spezialfällen bei besonders hartnäckigen Verschmutzungen auch eine manuelle Reinigung mit organischen Lösemitteln notwendig, die personal- und kostenintensiv ist und darüber hinaus besondere Maßnahmen des Arbeits- und Umweltschutzes erfordert. Eine vielversprechende Alternative zu den gegenwärtig eingesetzten Reinigungssystemen stellt komprimiertes Kohlendioxid dar. Dieses weist ein hohes Lösevermögen für hydrophobe Stoffe und eine hohe Spaltgängigkeit auf. Komprimiertes Kohlendioxid erfordert keine Trocknung, da es unter Normaldruck reststofffrei verdampft, und kann sehr einfach „destillativ“ gereinigt und zurückgewonnen werden. Ferner ist es kostengünstig, in hohen Reinheitsgraden und unbegrenzt verfügbar, nicht brennbar sowie toxikologisch und ökologisch unbedenklich. Als Alternative zu apolaren organischen Lösemitteln wird komprimiertes Kohlendioxid bereits in einigen Anwendungen eingesetzt. In der industriellen Teilereinigung wird komprimiertes Kohlendioxid noch nicht routinemäßig verwendet. Defizite bestehen im Hinblick auf die

Anwendung in der industriellen Teilereinigung noch bei der Entfernung partikulärer und polarer Verunreinigungen. Diese Defizite sind darin begründet, dass komprimiertes Kohlendioxid einerseits aufgrund seiner geringen Viskosität nur eine geringe Reinigungsmechanik aufweist und andererseits aufgrund seiner Apolarität polare Schmutzkomponenten nicht zu lösen vermag. Ein Lösungsansatz zur Eliminierung dieser Nachteile liegt im Einsatz von komprimiertem Kohlendioxid in Verbindung mit Stoßwellen und ionischen Flüssigkeiten: Stoßwellen erlauben den Eintrag von Energie bzw. Mechanik in komprimiertes Kohlendioxid und ionische Flüssigkeiten ermöglichen die gezielte Einstellung der für eine Reinigungsaufgabe erforderlichen Polarität. Auf diese Weise können Reinigungsmechanik und Polarität in einem weiten Bereich „maßgeschneidert“ werden.

### **Entwicklung lumineszierender Pflegebefilmungen mit integrierter Funktionalisierung zur Schnellbestimmung der Befilmungsqualität (IGF 17096 N)**

Polymere Pflegebefilmungen besitzen eine begrenzte Lebensdauer, so dass in Abhängigkeit von der Beanspruchung der Bodenbeläge nach einer bestimmten Zeit eine chemische Grundreinigung und Neubefilmung mit Polymerdispersionen durch die Gebäudereinigungsunternehmen unumgänglich ist. Diese Verfahren sind personal- und kostenintensiv. Auf der Basis von Erfahrungswerten nehmen die Gebäudereinigungsunternehmen schon weit vor der vollständigen Abnutzung der Pflegebefilmungen eine Grundreinigung und Neubefilmung vor. Da ein aktueller Trend darin besteht, derartige Reinigungsdienstleistungen nicht nach dem tatsächlich benötigten Aufwand, sondern pauschal pro regelmäßig bearbeiteter Fläche abzurechnen, ist für die Gebäudereiniger aus wirtschaftlicher Sicht eine möglichst geringe Frequenz von Grundreinigung und Neubefilmung wünschenswert.

Zur Verbesserung ihrer Wirtschaftlichkeit benötigen die Gebäudereinigungsunternehmen daher eine Schnellmethode zur Bewertung der Befilmungsqualität elastischer Bodenbeläge. Mit einer solchen Methode könnte der Abnutzungsgrad polymerer Pflegebefilmungen quantifiziert werden. Einfache und kostengünstige Verfahren zur Bewertung der Befilmungsqualität elastischer Bodenbeläge stehen aber gegenwärtig nicht zur Verfügung. Wie die Ergebnisse zeigen, liegt ein

prinzipieller Lösungsansatz zur Entwicklung einer geeigneten Schnellmethode in der Integration nanoskaliger Lumineszenzpigmente in die polymeren Pflegebefilmungen. Derartige Lumineszenzpigmente haben keinen Einfluss auf Transparenz und Farbe der Pflegebefilmungen. Sie sind bei Tageslicht unsichtbar, fluoreszieren jedoch bei Bestrahlung mit UV-A-Licht. Aus Leuchtdichtemessungen kann bei Bestrahlung mit UV-A-Licht der Abnutzungsgrad bzw. die Restfilmdicke einer bereits genutzten Pflegebefilmung bestimmt werden. So kann in jedem Einzelfall bedarfsgerecht entschieden werden, wann bzw. in welchem Umfang eine Grundreinigung und Neubefilmung erforderlich ist.

**Entwicklung eines einfachen und schnellen Verfahrens zur  
Routineprüfung der Reinigungs- und Desinfektionswirkung bei der  
Aufbereitung thermolabiler Medizinprodukte  
(IGF 16932 N)**

Ein stetig steigender Anteil von Medizinprodukten ist aus Polymermaterialien gefertigt, die lediglich bei Temperaturen bis 60 °C behandelt werden können und deshalb als thermolabil bezeichnet werden. Aufgrund der Thermolabilität können bei der Aufbereitung dieser Medizinprodukte nicht die üblichen sicheren thermischen Verfahren verwendet werden, sondern es müssen chemische oder chemothermische Verfahren zur Desinfektion und Sterilisation angewendet werden. Für die Überwachung der Desinfektionswirkung werden üblicherweise Keimindikatoren mit *Enterococcus faecium* eingesetzt, deren Auswertung zeitaufwendig und kostspielig ist. Einfach einsetzbare Routineprüfverfahren, die eine zeitnahe Beurteilung erlauben, existieren bislang nicht. Im Projekt erfolgte die Entwicklung eines einfachen Schnellindikatorsystems zur zeitnahen Routineprüfung und Dokumentation chemothermischer Reinigungs- und Desinfektionsverfahren. Der entwickelte Prüfmonitor basiert auf der Verwendung einer zellfreien Präparation „extremophiler“ Enzyme mit einer definierten Stabilität gegenüber den zu prüfenden chemothermischen Aufbereitungsverfahren.

**Entwicklung erneuerbarer Soil-Release-Beschichtungen für  
wärmedämmende Fassadenmaterialien auf der Basis  
interpenetrierender Polymernetzwerke  
(IGF 16887 N)**

Auf Grund der aktuellen Energie- und Umweltpolitik werden in stark zunehmendem Maße wärmedämmende Baustoffe für Fassaden verwendet. Die geringe Wärmeleitfähigkeit dieser Fassadenmaterialien führt allerdings auch dazu, dass sich die Fassadenoberfläche bei hohen Außentemperaturen schnell aufheizt bzw. im Fall niedriger Außentemperaturen schnell abkühlt. Hieraus ergibt sich eine verstärkte Haftung zahlreicher Verschmutzungen (z.B. aufgrund Verharzung bei hohen Temperaturen) und ein verstärktes mikrobielles Wachstum (vermehrte Kondensatbildung durch schnelles Abkühlen der Fassade unter den Taupunkt). Die Entfernung solcher fest haftenden Verschmutzungen ist mit den gegenwärtig verfügbaren Reinigungsverfahren nur bei hohen Personal- und Betriebskosten möglich. Daher hat das wfk - Cleaning Technology Institute ein neues Reinigungsverfahren auf der Basis von interpenetrierenden Polymernetzwerken (IPNs) als erneuerbare Soil-Release-Beschichtungen entwickelt. Die entwickelten IPNs können im unvernetzten Zustand als Dispersion z.B. durch Sprühen auf die Fassaden appliziert werden. Nach der Auftragung wird durch Sonnenlicht und Applikation einer Salzlösung eine Vernetzung induziert. Es entsteht eine unsichtbare Beschichtung mit hoher Witterungsbeständigkeit und hoher thermischer und mechanischer Stabilität, die das wärmedämmende Fassadenmaterial vor Schmutz schützt. Bei der Reinigung wird die Vernetzungsdichte der IPNs durch Applikation einer Reinigungslösung verringert. Dadurch können die IPNs leicht zusammen mit anhaftendem Schmutz, z. B. mittels wasserbasiertem Niederdruckverfahren oder unter mechanischer Einwirkung, abgelöst werden.

Das neue Reinigungsverfahren auf der Basis von IPNs ermöglicht den Gebäudereinigungsunternehmen eine effektive und wirtschaftliche Ablösung stark haftender Schmutzarten von wärmedämmenden Fassadenmaterialien.

---

**Entwicklung sachgerechter Schnelltests für Reinigungsdienstleister  
zum Nachweis von Reinheit und Hygiene in Reinnräumen  
(IGF 60 EN)**

Reinnräume sind geschlossene Systemräume, in denen der Partikelgehalt der Luft entsprechend der jeweiligen Reinnraumklasse kontrolliert wird. Zum Einsatz kommen solche Räume bei speziellen Fertigungsverfahren, z.B. bei der keimfreien Herstellung von Arznei- und Lebensmitteln und in Krankenhäusern. Diese kontrollierten Bereiche unterliegen strikten Reinheits- und Hygieneanforderungen. Eine kontinuierliche und umfassende mikrobielle Überwachung der Reinnräume ist besonders wichtig und stellt eine elementare Maßnahme des Qualitätsmanagements dar. Aktuell wird die Beurteilung der Anzahl und des Typs von Mikroorganismen auf Oberflächen mittels Abklatsch- oder Tupfverfahren vorgenommen. Einen wesentlichen Nachteil solcher klassisch mikrobiologischen Methoden stellt die Inkubation und Auswertung der Proben durch externe Labore dar, die i.d.R. mindestens zwei Tage dauert. Dadurch können eventuell erforderliche Korrekturen und Anpassungen der Reinigungs- bzw. Desinfektionsmaßnahmen aufgrund der langen Untersuchungsdauer nur mit großer zeitlicher Verzögerung erfolgen.

Ziel des Projektes war daher die Entwicklung einer geeigneten Schnellmethode, die für die Evaluierung der Hygiene gereinigter und desinfizierter Oberflächen in Reinnräumen verwendet werden kann. Eine effiziente Methode zur Aufnahme von Mikroorganismen wurde mittels einer Probenahmematrix auf Basis eines speziellen Reinnraum-geeigneten Tuchs aus Polyester/Cellulose etabliert, das mit 0,85 % NaCl-Lösung befeuchtet wurde. Zur Beprobung von planaren und geometrisch komplexen Oberflächen wurde ein Probenahme-Stift mit elastischer Spitze entwickelt, der die Probenahmematrix aufnahm. Die Elution von Mikroorganismen aus der Probenahmematrix erfolgte durch „Stomaching“ (Auswalken). Für die anschließende Quantifizierung von Mikroorganismen wurde eine Analysenmethode auf Basis der Durchflusszytometrie entwickelt. Dafür wurde zunächst eine 15-minütige „one-step“-Färbung mit zwei geeigneten Fluoreszenzfarbstoffen etabliert, die eine Diskriminierung von lebenden und toten Zellen erlaubte. Unter Verwendung eines Durchflusszytometers wurden die fluoreszierenden Zellen anschließend detektiert und quantifiziert. Das entwickelte Schnellverfahren lieferte reproduzierbare und zuverlässige Ergebnisse bei der Anwendung auf

Oberflächen wie Edelstahl, Glas oder Kunststoff. Darüber hinaus konnten damit Vertreter unterschiedlicher Gruppen von Mikroorganismen (z.B. Gram-positive und Gram-negative Bakterien, Hefen) sowie Bakteriosporen quantifiziert werden. In der Praxis möglicherweise auf Oberflächen vorhandene Rückstände wie Blut, Silikon, Wollfett oder Reste von Desinfektionsmitteln zeigten in praxisrelevanten Konzentrationen keinen negativen Einfluss auf die entwickelten Methoden. Störungen durch praxisrelevante Tensidkonzentrationen sind auszuschließen. Der gesamte Vorgang, d.h. die Probenahme, Elution der Mikroorganismen, Zellfärbung und durchflusszytometrische Analyse erfordert nicht mehr als 20 min. Dies ermöglicht eine unkomplizierte, schnelle und kostengünstige Bewertung der Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen in Reinnräumen und eine einfache Dokumentation der Ergebnisse. Für mit der Reinnraumreinigung betraute Dienstleistungsunternehmen sowie für Reinnraumbetreiber stellt das entwickelte Verfahren ein wertvolles Mittel zur innerbetrieblichen Eigenkontrolle und Qualitätssicherung dar.

**Entwicklung erneuerbarer impermeabler Polymerbefilmungen für  
elastische Bodenbeläge mit Barrierefunktion gegen  
permeative Schmutzkomponenten  
(IGF 16834 N)**

Zur Erhöhung der Nutzungsdauer und zum Erhalt ihres optischen Erscheinungsbilds werden elastische Bodenbeläge in der Praxis mit Pflegedispersionen befilmt. Die temporäre Befilmung bietet den Bodenbelägen zum einen Schutz vor Kratzern, Abrieb und Gehspuren und verbessert zum anderen das Reinigungsverhalten. Bei längeren Kontaktzeiten können einige permeative Schmutzkomponenten (wie z. B. iodhaltige Desinfektionsmittel, Haarfärbemittel, Schuhcreme, Fette und Mineralöle) dennoch bis in die Nuttschicht der elastischen Bodenbeläge vordringen und die Bodenbeläge dauerhaft schädigen. Darüber hinaus werden Verfärbungen durch Migration von Weichmachern und Antioxidantien beispielsweise aus Möbelgleitern, Fahrrad- und Autoreifen verursacht. Derartige irreparable Schäden an elastischen Bodenbelägen lassen sich gegenwärtig nur bei häufiger Unterhaltsreinigung vermeiden.

Zur Verbesserung der Barrierefunktion von Pflegebefilmungen gegenüber permeativen Schmutzkomponenten wurden im Rahmen eines am wfk - Cleaning Technology Institute in Krefeld durchgeführten Forschungsvorhabens zwei unterschiedliche Lösungsansätze untersucht. Der eine Lösungsansatz basierte auf der Verlängerung des Diffusionswegs für die permeativen Schmutzkomponenten durch Einbettung anorganischer Barrierepigmente in die unterste, bodenbelagsnahe Schicht einer herkömmlichen anionischen Pflegebefilmung, welche üblicherweise dreischichtig aufgebaut ist. Im zweiten Ansatz wurde eine kationische Polymerschicht als „Schmutzfänger“ zwischen zwei anionischen Polymerschichten eingebaut.

Sowohl durch Modifikation der bodenbelagsnahen Schicht mit Barrierepigmenten als auch durch Einbau der kationischen Komponente ließ sich die Permeation ausgewählter Schmutzarten (insbesondere von Haarfärbemitteln) in die Nutzschrift der untersuchten elastischen Bodenbeläge verringern. Der nachzuweisende Restschmutz war dabei sowohl von der Schmutzkomponente, der verwendeten herkömmlichen Pflegedispersion als auch von Art und Konzentration des jeweiligen Barrierepigments bzw. der kationischen Pflegedispersion abhängig.

Die entwickelten Pflegebefilmungen mit Schmutzbarrierefunktion führten zu keinen Änderungen von Helligkeit und Farbe der elastischen Bodenbeläge. Im Vergleich zu unmodifizierten Pflegebefilmungen wurde nur eine leichte Abnahme des Glanzes beobachtet. Des Weiteren wurde keine Beeinträchtigung der Haftfestigkeit, Verschleißfestigkeit oder Trittsicherheit durch die entwickelten Pflegebefilmungen nachgewiesen.

**Entwicklung erneuerbarer trittsicherer Pflegebefilmungen für  
keramische Bodenbeläge in nass belasteten Barfußbereichen sowie eines  
mobilen Verfahrens zur Bestimmung der Trittsicherheit  
(IGF 16556 N, in Kooperation mit PFI)**

Der hohe Anteil an Ausrutschunfällen am gesamten Unfallgeschehen erfordert nach GUV-I 8527 für nassbelastete Barfußbereiche eine sorgfältige Auswahl von Bodenbelägen, Reinigungsverfahren und Reinigungsmitteln. Da die geforderte Trittsicherheit in solchen Bereichen nur stationär nach DIN 51097 (Schiefe

Ebene) ermittelt werden kann und keine mobilen Messverfahren existieren, die mit den genannten normativen Regelungen korrelieren, können Reinigungs- und Pflegeverfahren unter Berücksichtigung der Praxisbedingungen in Wellnessbereichen nicht optimiert werden. Im Rahmen des vom wfk – Cleaning Technology Institute in Krefeld in Zusammenarbeit mit dem Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens (PFI) bearbeiteten Projektes konnte gezeigt werden, dass mittels eines Zweischichtsystems, bestehend aus einer kationischen Polymerschicht als Haftschicht und einer darauf folgenden anionischen Polymerschicht mit Einstreuungen prinzipiell die Trittsicherheit erhöht werden kann. Es ist davon auszugehen, dass weitere Verbesserungen bei der Umsetzung der Projektergebnisse in Unternehmen durch Optimierung der Partikelgeometrie sowie Adaption von Polymer- und Partikelsystemen erzielt werden können. Außerdem zeigten die mit den neu entwickelten Zweischichtsystemen befilmten Fliesen ein besseres Reinigungsverhalten als die unbehandelten Fliesen. Zur Bestimmung der Trittsicherheit dieser Materialien wurde am PFI ein mobiles Funktionsmuster zur Schrittsimulation (25 kg Gewicht, Grundfläche ca. 45 cm x 30 cm, Fuß mit Schuhgröße 24 und spezielle künstliche Sohle) entwickelt und gebaut. Im Rahmen des Projektes wurde eine Korrelation zwischen den Messwerten, die mit dem neu entwickelten mobilen Schrittsimulator bzw. auf der schiefen Ebene (nach DIN 51097) bestimmt wurden, festgestellt. Die Akzeptanzwinkel der getesteten Fliesen wurden in den meisten Fällen mit einer Abweichung von  $\pm 2^\circ$  von den Messwerten der schiefen Ebene ermittelt. Diese Abweichung entspricht den typischen Abweichungen der heutigen Norm-Methode (schiefe Ebene). Das entwickelte Verfahren ermöglicht somit eine Vorort-Bestimmung der Trittsicherheit keramischer Bodenbeläge.

**Entwicklung einer Schnellmethode zur Prozesskontrolle  
der Flächendesinfektion auf der Basis enzymatischer  
Nachweisreaktionen apathogener Keime  
(IGF 16490 N)**

In hygienisch anspruchsvollen Bereichen (z.B. Lebensmittelindustrie, Pharma-, Kosmetik- und Gesundheitsbereich) müssen regelmäßige Reinigungs- und Flächendesinfektionsmaßnahmen durchgeführt werden, um den hohen Hygieneanforderungen gerecht zu werden. Art und Häufigkeit dieser Maßnahmen werden in

Hygiene- und Desinfektionsplänen festgelegt, die mittlerweile integrierte Bestandteile von Qualitätsmanagement- (QM) und Qualitätssicherungs- (QS) Systemen sind. Grundlagen für derartige Systeme sind neben den vorgeschriebenen hygienischen Kontrollen eine entsprechende Dokumentation sowie der Einsatz validierter Desinfektionsverfahren. Zur Beurteilung des Hygienezustandes einer Oberfläche besteht bisher lediglich die Möglichkeit der stichprobenartigen Endproduktkontrolle nach der Flächendesinfektion, die üblicherweise mittels Abklatschuntersuchungen durchgeführt wird. Die Ergebnisse liegen jedoch erst nach mindestens zwei Tagen vor, so dass eine unzureichende Desinfektion (z.B. aufgrund unzureichender Dosierung des Desinfektionsmittels, Seifenfehler, Eiweißfehler) erst mit erheblicher Verzögerung erkannt wird. Das wfk-Institut hat im Rahmen eines Forschungsprojektes eine Schnellmethode entwickelt, die eine einfache, aussagekräftige und schnelle Prozesskontrolle der Flächendesinfektion für die innerbetriebliche Eigenkontrolle ermöglicht. Um den Desinfektionserfolg nachzuweisen, wurden visuell gut auswertbare Farbreaktionen untersucht. Solche Farbreaktionen müssen sensitiv, schnell, deutlich und über einen längeren Zeitraum stabil und reproduzierbar nachweisbar sein. Hierfür sind prinzipiell Enzym-Substrat-Reaktionen geeignet, bei denen ein Farbstoff freigesetzt wird. Je mehr aktive Enzyme vorhanden sind, desto höher ist auch die freigesetzte Farbstoffkonzentration. Als sehr sensitive Nachweismethode stellte sich die Reaktion von Proteasen mit einem fluoreszierenden Substrat heraus. Als Grundlage für die Entwicklung einer Schnellmethode dienten die Kinetiken der Inaktivierung diverser pathogener und apathogener Mikroorganismen durch Desinfektionsmittel. Um für eine Schnellmethode geeignet zu sein, muss die Aktivitätsabnahme der Enzyme bei Desinfektionsmitteleinwirkung mit der Inaktivierung der verschiedenen Mikroorganismen korrelieren. Auf Trägermaterial wurden Proteasen immobilisiert, um eine Verschleppung der Enzyme aufgrund des Wischvorgangs bei der Desinfektion auszuschließen. Diese Funktionsmuster eines Biomonitor können vor der Flächendesinfektion an der zu desinfizierenden Oberfläche fixiert werden. Nach der erfolgten Flächendesinfektion wird der Biomonitor von der Oberfläche entfernt und nach der entsprechenden Einwirkzeit des Desinfektionsmittels mit einem Tropfen Substratlösung überschichtet. Nach wenigen Minuten kann der Biomonitor visuell ausgewertet werden. Anhand einer Farbskala kann überprüft werden,

ob die Desinfektion erfolgreich war oder nicht. Den Reinigungsdienstleistern wird eine Schnellmethode zur Verfügung gestellt, die eine zeitnahe Bewertung der Flächendesinfektion erlaubt und ohne externes Fachpersonal durchgeführt werden kann. Hierdurch wird den Reinigungsdienstleistern eine Möglichkeit gegeben, die Sicherheit von Flächendesinfektionsmaßnahmen zu erhöhen und das Hygienierisiko zu senken.

### **Neue Hygienesdienstleistungen für die Reinigung und Aufbereitung von Medizinprodukten durch Verwendung von flüssigem Kohlendioxid und extremophilen Enzymen (Cornet 32 EN)**

Gegenwärtig verwendete und besonders zukünftige Generationen von bestimmten Medizinprodukten, wie z.B. flexible Endoskope, sind thermolabil und sehr empfindlich gegenüber Aufbereitungsverfahren. Diese Produkte können nicht mit den etablierten sicheren thermischen Verfahren desinfiziert und sterilisiert werden, sondern müssen einer chemischen Desinfektion und Sterilisation unterzogen werden, die jedoch zahlreiche potenzielle Nachteile wie z.B. eine niedrigere Prozesssicherheit, verbleibende Rückstände von Prozesschemikalien und mögliche Materialschäden aufweisen können.

Im Projekt wurde ein innovatives Verfahren zur Reinigung und Desinfektion von geometrisch komplexen thermolabilen Medizinprodukten unter Verwendung von Prüfkörpern für flexible Endoskope entwickelt. Unter Einsatz von flüssigem und überkritischem CO<sub>2</sub> konnten bei Temperaturen von <40 °C innerhalb von 15 Minuten hohe Inaktivierungsraten für Bakterien, Pilze, Viren und bakterielle Endosporen, vergleichbar etablierten, jedoch toxikologisch bedenklichen Nieder-temperatursterilisationsverfahren erzielt werden. Die Reinigungswirkung konnte durch spezielle Enzyme optimiert werden. Unter Zudosierung spezieller Proteasen wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem Prüfkörper nach Anlage 8 und 9 der aktuellen Leitlinie von DGKH, DGSV, DGVS, DEGEA und AKI aufbereitet werden können und mit dem Restproteingehalte unterhalb des Richtwerts und Gesamtprozessleistungen mit einer mikrobiellen Inaktivierung von RF>9 (*E. faecium*) erzielt werden. Die Prozesszeit beträgt etwa 1 h, danach stehen behandelte Produkte trocken zur Verfügung. Das neue Verfahren übertrifft konventionelle

chemische und chemo-thermische Verfahren hinsichtlich Keimspektrum, Keiminaktivierungsraten und Unbedenklichkeit der eingesetzten Stoffe.

Durch das neu entwickelte enzymunterstützte flüssig-/überkritisch-CO<sub>2</sub>-Verfahren wird professionellen Dienstleistungsunternehmen und Medizinprodukteherstellern ein innovatives Aufbereitungsverfahren für thermolabile und geometrisch komplexe Medizinprodukte zur Verfügung gestellt. Der potenzielle Kundenkreis für Aufbereiter, die das neue Verfahren anwenden, umfasst etwa 30.000 Krankenhäuser und unzählige niedergelassene Arztpraxen sowie mehrere tausend Medizintechnikfirmen innerhalb der EU, die thermolabile Medizinprodukte herstellen.

**Mobiles Verfahren zur Verbesserung der Reinigungseigenschaften  
elastischer Bodenbeläge durch Funktionalisierung mit  
Niedertemperatur-Atmosphärendruckplasmen  
(IGF 16259 N)**

Bestimmte elastische Bodenbeläge (z. B. PVC und Linoleum) wurden in den vergangenen Jahren zum Teil herstellerseitig mit einer zusätzlichen Schicht, in der Regel aus Polyurethan (PUR), ausgerüstet. Hierdurch sollten verbesserte Anschmutz-, Reinigungs- und Verschleißigenschaften ohne die Notwendigkeit der Applikation temporärer Pflegebefilmungen erreicht werden. In der Praxis traten jedoch Probleme im Hinblick auf die Verschleißfestigkeit der werkseitigen Ausrüstung auf. Temporäre Pflegebefilmungen konnten aufgrund verminderter Haftung auf den PUR-Schichten nicht effektiv zur Behebung dieses Problems eingesetzt werden. Diese werkseitig ausgerüsteten Bodenbeläge stellen für die Unternehmen aus dem Bereich der Gebäudereinigungsdienstleistung ein wichtiges Marktpotential dar. Die Gebäudereinigungsunternehmen hatten aber bisher keine Möglichkeit, eine optimale Werterhaltung dieser Bodenbeläge durch entsprechende Pflegemaßnahmen anzubieten. Es bestand deshalb ein dringender Bedarf nach der Entwicklung von Verfahren zur Verbesserung der Reinigungs- und Pflegeeigenschaften solcher elastischer Bodenbeläge im Rahmen der Gebäudereinigung durch Verbesserung der Applizierbarkeit temporärer Pflegebefilmungen.

Der im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens untersuchte Lösungsansatz lag in der Funktionalisierung der Bodenbeläge mittels Niedertemperatur-Atmosphärendruckplasmen. Diese bewirken bei Anwendung nach der Grundreinigung eine Erhöhung der Oberflächenenergie der Bodenbeläge und ermöglichen eine effektive Aufbringung von Pflegebefilmungen.

### **Entwicklung eines selbstbegrenzenden Prozesses zur Laserstrahlentschichtung temporärer Pflegebefilmungen von Fußbodenbelägen (IGF 16241 N, in Kooperation mit LLT und FILK)**

Die Aufbringung temporärer polymerer Pflegebefilmungen auf elastische Bodenbeläge ist eine wichtige Voraussetzung zur Erhöhung der Nutzungsdauer und zur Gewährleistung optimaler Gebrauchseigenschaften. Pflegebefilmungen bewirken neben der Verbesserung der Reinigungseigenschaften auch eine Verringerung des Verschleißes. In Abhängigkeit von der Beanspruchung ist von Zeit zu Zeit eine Grundreinigung und Neubefilmung der Bodenbeläge unumgänglich. Bei der herkömmlichen Grundreinigung werden wässrige Systeme mit hohem Chemikalieneinsatz verwendet. Vor der Neubefilmung des Bodenbelages sind lange Trocknungszeiten erforderlich, die zu erheblichen Verzögerungen im Betriebsablauf des Gebäudebetreibers führen.

Zur Überwindung dieser Nachteile wird im Rahmen eines FRT-Forschungsprojektes ein effektives und wirtschaftliches Verfahren unter Einsatz eines Infrarot-Lasers (Nd:YAG, 1064 nm) zur Entfernung temporärer Pflegebefilmungen von elastischen Bodenbelägen entwickelt. Dabei wird eine Schädigung der Deck- bzw. Nutzsicht des Bodenbelags durch die Laserbehandlung verhindert, indem die Pflegedispersion so modifiziert wird, dass sie die einfallende Laserstrahlung vollständig absorbiert und reflektiert. Diese physikalischen Prozesse führen zu einer gezielten lokalen Verdampfung der Pflegebefilmung oberhalb des Bodenbelags. Die Modifikation der Pflegedispersionen erfolgt durch Zugabe spezieller IR-Absorber und IR-Reflektoren, die im Wellenlängenbereich des eingesetzten Lasers maximale Absorption bzw. Reflexion aufweisen. Der selbstbegrenzende Charakter des entwickelten Entschichtungsverfahrens wird außerdem durch spezielle (intumeszierende) Substanzen unterstützt. Diese werden durch die

Laserstrahlung in Kohlendioxid und Wasser umgewandelt und tragen somit zu einer „Absprengung“ der umgebenden Polymerschichten bei.

Das neue Laserentschichtungsverfahren ist wasser- und abwasserfrei und benötigt im Gegensatz zu den herkömmlichen Entschichtungsverfahren keine aggressiven Chemikalien. Durch den Wegfall der bei den bisherigen wässrigen Entschichtungsverfahren notwendigen langen Trocknungszeiten kann die Neubefilmung der Bodenbeläge unmittelbar nach der Entschichtung erfolgen. Der Betriebsablauf der Gebäudebetreiber wird daher nur in geringem Maße gestört, so dass die Akzeptanz des Laserentschichtungsverfahrens bei den Kunden der Gebäudereinigungsunternehmen erhöht wird und neue Marktpotentiale erschlossen werden können. Gleichzeitig können Bereiche, die maschinell unzugänglich sind, wirtschaftlich grundgereinigt werden, da eine effektive Entschichtung im Vergleich zu den herkömmlichen wässrigen Verfahren mit wesentlich geringerem Personaleinsatz möglich ist.

Aufgrund der Projektergebnisse ist davon auszugehen, dass die Gesamtkosten des Laserverfahrens in der gleichen Größenordnung wie bei der herkömmlichen Grundreinigung liegen.

### **Entwicklung eines Reinigungsverfahrens für stark adhäsive industrielle Verschmutzungen auf der Basis thixotroper Soil-Release-Gele (IGF 15911 N)**

In industriellen und gewerblichen Lackierkabinen liegt der Lackverlust, welcher als Lacknebel (sog. Overspray) nicht das zu beschichtende Teil erreicht, bei 10-90% der eingesetzten Lackmenge. Der Overspray, der nicht durch die Abluftanlage abgesaugt wird, bildet auf den Kabinenwänden stark adhäsive Verschmutzungen. Deren Entfernung erfordert den Einsatz organischer Lösemittel oder abrasiver Verfahren, welche umweltschädlich sind, die Flächen beschädigen können und einen hohen Personaleinsatz erfordern. Als vorbeugende Maßnahme werden Abziehfolien oder -lacke vor Beginn der Lackierarbeiten auf die Wände aufgebracht und später zusammen mit dem Overspray wieder abgezogen. Dieses Verfahren ist sehr aufwändig. Ziel des Projektes war die Entwicklung eines Reinigungsverfahrens für stark adhäsive industrielle Verschmutzungen auf der

Basis thixotroper Polymerdispersionen. Für ein umweltfreundliches Verfahren sollte nur Wasser als Lösungsmittel eingesetzt werden. Die Reinigung sollte leicht und in kurzer Zeit möglich sein und die Beschichtung auf den Wänden zeitsparend zu erneuern sein. Als Basis für die Polymerdispersionen wurden verschiedene Filmbildner zusammen mit Additiven auf ihre Wirksamkeit untersucht. Mischungen aus einem Ethylenoxid-Propylenoxid Block-Copolymer mit Polyethylenglycol, Carboxymethylcellulose und pyrogener Kieselsäure unter Zusatz eines Netzmittels erwiesen sich als besonders geeignet. Die aufgetragenen Polymerbefilmungen waren beständig gegen lösemittel- und wasserbasierte Lacke und auch bei erhöhter Temperatur und Luftfeuchtigkeit ausreichend stabil. Auf allen Substraten war eine vollständige Entfernung der aufgetragenen Lackansammlungen bei sehr geringem Wassereinsatz und geringem manuellem Aufwand möglich. Die Polymerbefilmungen eignen sich auch, um bereits mit Lack angesammelte Soil-Release Polymerschichten durch nochmaligen Dispersionsauftrag zu stabilisieren. Dadurch können personalintensive Reinigungsschritte bei der regelmäßigen Wartung der Lackierkabinen eingespart werden, was eine erhebliche Kosteneinsparung bedeutet.

**Entwicklung eines desinfizierenden CO<sub>2</sub>-Reinigungsverfahrens für  
Sicherheitsschuhe aus hygienisch anspruchsvollen Bereichen  
unter Berücksichtigung der für persönliche Schutzausrüstungen (PSA)  
vorgeschriebenen Anforderungen  
(IGF 15910 N)**

In hygienisch anspruchsvollen Bereichen (z.B. Lebensmittel-, Pharma- und Kosmetikindustrie) werden ständig steigende Hygieneanforderungen an Berufs- bzw. Arbeitsbekleidung gestellt. Hierdurch soll eine nachteilige Beeinflussung der hergestellten Produkte vermieden werden, die von unzureichender Arbeitsbekleidung ausgehen kann. Untersuchungen haben jedoch erhebliche Hygienemängel, aufgrund mangelnder Aufbereitungsmöglichkeiten, bei Schuhen nachgewiesen. Bei der Wiederaufbereitung der Fußbedeckung muss gemäß DIN 10524 eine hygienegerechte Reinigung sichergestellt sein. Bis heute war jedoch eine professionelle, reproduzierbar sichere und hygienische Aufbereitung von Sicherheitsschuhen nicht möglich, da kein geeignetes Verfahren existierte. Sicherheitsschuhe

sind Schuhe, welche die sicherheitstechnischen Anforderungen erfüllen und sind mit Zehenkappen für hohe Belastungen ausgestattet. Das Ziel des Forschungsprojektes war die Entwicklung eines hygienischen Aufbereitungsverfahrens für Sicherheitsschuhe mit flüssigem Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), das sowohl eine hygienische Aufbereitung als auch die Erhaltung der jeweils vorgeschriebenen Schutzfunktionen gewährleistet. Der besondere Vorteil von flüssigem CO<sub>2</sub> liegt darin, dass es materialschonend und nicht toxisch ist und dass keine Trocknung erforderlich ist. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden unter Praxisbedingungen verschiedenste Materialien, Schuhkomponenten und komplexe Composite in einer CO<sub>2</sub>-Reinigungsmaschine auf ihre Beständigkeit in flüssigem CO<sub>2</sub> untersucht. Hierbei wurde getestet, inwieweit die relevanten sicherheitstechnischen Parameter nach 25 Zyklen des Aufbereitungsprozesses erfüllt wurden. Zusätzlich wurde das Aufbereitungsverfahren hinsichtlich der Reinigungs- und Desinfektionsleistung überprüft und mit Hilfe von Additiven optimiert. Aus den Bereichen Obermaterialien, Futtermaterialien, Decksohlen, Zehenkappen, Laufsohlen und weiteren konstruktiven Elementen erfüllten nach 25 Aufbereitungszyklen in flüssigem CO<sub>2</sub> einige Materialien die sicherheitsrelevanten Parameter und können in einem Sicherheitsschuh verarbeitet werden. Fett- und zuckerhaltige Anschmutzungen wurden von glatten bzw. gering strukturierten Obermaterialien durch Zusatz von Schmutzfängern und Bürsten gut mit flüssigem CO<sub>2</sub> gereinigt. Die Materialauswahl ist jedoch entscheidend für den Reinigungserfolg von proteinhaltigen Anschmutzungen, da diese mit steigender Zahl der Aufbereitungszyklen von einigen Materialien schlechter abgelöst werden. Blut wurde auch durch Zusatz von Proteasen nicht vollständig entfernt. Die Keimreduktion wird durch Erhöhung des Druckes und durch Zusatz antimikrobieller Additive wie Isopropanol gesteigert. Auch hier stellt die Materialauswahl einen wichtigen Faktor im Hinblick auf die Keimreduktion, das zu wählende Aufbereitungsprogramm und die einzusetzenden Additive dar. Auf Basis der Ergebnisse des Forschungsprojektes konnten Materialien und Verarbeitungskonzepte ermittelt werden, die auch noch nach 25 Aufbereitungszyklen in flüssigem CO<sub>2</sub> die relevanten Sicherheitsanforderungen erfüllen. Zudem wurde die Reinigung und Desinfektion von Sicherheitsschuhen in flüssigem CO<sub>2</sub> optimiert. Auf der Grundlage der Ergebnisse wurde ein entsprechender Anforderungskatalog für Sicherheitsschuhe erarbeitet.

**Entwicklung verbesserter Probenahmeverfahren zur Überprüfung der  
Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen im Rahmen der  
Eigenkontrolle in hygienisch anspruchsvollen Bereichen  
(IGF 276 ZN, in Kooperation mit DIL und IUTA)**

Der Erfolg von Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen verschiedener Oberflächen muss im Gesundheitsbereich und in der Lebensmittelindustrie kontrolliert werden. In diesen hygienisch anspruchsvollen Bereichen sind die Hygieneanforderungen in den letzten Jahren stetig gestiegen. Für die Erfolgskontrolle sind schnelle und einfache Selbstkontrollen notwendig. Oberflächen mit einer komplizierten Geometrie (z.B. gebogene Oberflächen oder Ecken) können nicht effektiv mit mikrobiologischen Standardmethoden beprobt werden. Hinzu kommt, dass Standardmethoden, wie z.B. die ATP-Methode, nicht in der Lage sind, geringe Mengen an Mikroorganismen zu detektieren. Eine Unterscheidung zwischen lebenden und toten Mikroorganismen ist ebenfalls nicht möglich. Das Ziel dieses Forschungsprojektes war die Entwicklung einer verbesserten Probenahme-Methode auf Basis einer Gelatinematrix und die Kombination dieser Probenahme mit der Durchflusszytometrie. Durchflusszytometrie ist eine Standardmethode in der Biologie und wird zum Auszählen, Analysieren und Sortieren von Partikeln in Relation zu ihrer Größe, inneren Komplexität und Fluoreszenz, genutzt. In der Küvette eines Durchflusszytometers richtet ein Flüssigkeitsstrom die gefärbten Mikroorganismen so aus, dass sie einzeln zur Analyse an einem Laser vorbeigeführt werden. Für die Probenahme wurde eine Gelatinematrix verwendet. Die Gelatine wird in flüssigem Zustand auf die zu beprobende Oberfläche aufgetragen. Die Mikroorganismen werden dadurch in die Gelatinematrix eingebunden und können nach der Erhärtung von der Oberfläche abgenommen werden. Zur Analyse mit dem Durchflusszytometer wird die Gelatine mit Hilfe einer enzymatischen Behandlung wieder verflüssigt. Die Mikroorganismen werden mit zwei Nukleinsäure-bindenden Farbstoffen angefärbt und durchflusszytometrisch analysiert. Durch die Färbung mit zwei Farbstoffen ist es möglich, zwischen lebenden und toten Mikroorganismen zu unterscheiden. Die Methode dauert inklusive Vor- und Nachbereitung der Gelatine und der anschließenden durchflusszytometrischen Analyse weniger als 90 Minuten.

**Entwicklung eines validierten, rückstandsfreien und mobilen  
Desinfektionsverfahrens für Oberflächen in hygienisch anspruchsvollen  
Reinräumen auf Basis kalter Atmosphärendruckplasmen  
(IGF 15469 N)**

In verschiedensten Bereichen der industriellen Produktion nehmen die Anforderungen an die Qualität von Produkten und Verfahren ständig zu. Beispiele sind Elektronik-, Pharma- und Lebensmittelindustrie, Biotechnologie, der medizinische Bereich sowie Mikrosystemtechnik, Optik und Automobilindustrie. Daraus resultiert in immer stärkerem Maße die Notwendigkeit des Einsatzes von Reinräumen. Anforderungen für Reinräume resultieren neben den spezifischen Vorgaben der jeweiligen Reinraumbetreiber insbesondere aus den aktuellen Entwicklungen im Bereich der Normen und Richtlinien für Reinräume. Das ISO TC 209 hat neue Vorgaben für die physikalische (partikuläre), mikrobiologische und chemische Oberflächenreinheit erarbeitet. Insbesondere die chemische Oberflächenreinheit gewinnt gegenwärtig immer mehr an Bedeutung. Aus diesem Grunde wurden Untersuchungen zur Entwicklung eines rückstandsfreien Desinfektionsverfahrens auf der Basis kalter Atmosphärendruckplasmen durchgeführt. Im Rahmen der Forschungsarbeiten wurden zunächst reinraumspezifische Oberflächenmaterialien (z.B. Glas, Edelstahl, Eloxal, Polymethylmethacrylat, Polycarbonat, Fein-steinzeug) mit unterschiedlichen Atmosphärendruckplasmen unter Variation von Prozessgas (Druckluft, Argon, Stickstoff, Formiergas, Kohlendioxid), Düsengeometrie (bezogen auf den Austrittswinkel des Plasmastrahls), Abstand Düse-Substrat, Vorschubgeschwindigkeit, Anzahl der Überfahrten, sowie anderer praxisrelevanter Prozessparameter (z.B. Arbeitsdruck, Pulsfrequenz bzw. Pulsdauer) behandelt. Nach Festlegung der optimalen Prozessparameter hinsichtlich thermischer und chemischer Materialbeständigkeit gegenüber der Plasmaeinwirkung wurden Testmonitore mit Bakterien (*Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecium*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*) und Pilzen (*Aspergillus brasiliensis*, *Candida albicans*) entwickelt. Dabei wurden diese Mikroorganismen in unterschiedliche Matrices inkludiert und in unterschiedlichen Schichtdicken auf die jeweiligen Substrate aufgetragen. Die Reduktion der Anzahl der Mikroorganismen (Reduktionsfaktor) nach Plasmabehandlung wurde bestimmt. Bei dem in Caseinpepton eingebetteten *Aspergillus brasiliensis* wurden die höchsten Reduktionsfaktoren bei Einsatz von Druckluftplasma bzw. Kohlendioxidplasma mit der

15° Düse erzielt. Die maximalen Oberflächentemperaturen erreichten dabei 71 bzw. 58 °C. Es konnte nachgewiesen werden, dass das entwickelte Verfahren sowohl bakterizid als auch fungizid wirkt. Ein weiterer entscheidender Vorteil gegenüber praxisüblichen chemischen Desinfektionsverfahren ist, dass durch die Plasmabehandlung keinerlei Resistenzen der Mikroorganismen gegenüber dieser Anwendung entwickelt werden. Nach Behandlung mit Druckluftplasma bzw. Kohlendioxidplasma konnten weder lebende Mikroorganismen noch organische Reststoffe auf den behandelten Oberflächen detektiert werden. Die Erprobung des entwickelten Funktionsmusters hat gezeigt, dass nach Einhausung sowie Adaption einer Absaugung ein Einsatz in Reinraumbereichen möglich ist. Das mobile Plasmadesinfektionsverfahren wurde unter Praxisbedingungen erfolgreich erprobt.

### **Entwicklung von Pflegeverfahren für elektrostatisch leitende und ableitfähige Bodenbeläge (IGF 15272 N)**

In verschiedenen sensiblen Arbeitsbereichen (u.a. Elektronikindustrie, Datenverarbeitung, Medizintechnik) müssen elektrostatische Entladungen aufgrund ihrer negativen Auswirkungen auf die eingesetzten Geräte und Prozesse verhindert werden. In diesen Bereichen werden dafür elastische Fußbodenbeläge mit besonderen Anforderungen an das elektrische Verhalten verlegt. Diese Bodenbeläge erfordern zur Erhaltung ihrer funktionalen Eigenschaften eine regelmäßige Reinigung. Der Reinigungsaufwand ist hierbei wesentlich höher als in der herkömmlichen Fußbodenreinigung, weil die Aufbringung von Pflegebefilmungen zur Verringerung von Reinigungsaufwand und Verschleiß nicht möglich ist, da Pflegeverfahren aufgrund der isolierenden Eigenschaften der Pflegemittel zu einer negativen Beeinflussung des elektrischen Verhaltens der Bodenbeläge führen.

Ein Lösungsansatz besteht im Auftrag temporärer Pflegebefilmungen auf Basis leitfähiger Additive (Polymere bzw. Pigmente), deren Wirksamkeit im Gegensatz zu Antistatika (ionenleitend) nicht von der Luftfeuchtigkeit abhängt. Ziel des Projektes war daher die Entwicklung eines elektronenleitenden Systems als Pflegebefilmung für elektrostatisch leitende und ableitfähige Bodenbeläge.

Dafür wurden im Rahmen von Untersuchungen zur Einbringung elektrisch leitfähiger Polymere bzw. Pigmente in handelsübliche Selbstglanzdispersionen unterschiedliche Formulierungen getestet. Die modifizierten Pflegedispersionen wurden durch verschiedene Applikationsverfahren auf für die Praxis repräsentative leitende bzw. ableitfähige Bodenbeläge (PVC, Linoleum, Kautschuk) aufgetragen und hinsichtlich ihrer elektrostatischen Eigenschaften (wie Oberflächen-/Durchgangswiderstand, Systemwiderstand, Personenaufladung) bzw. optischen Eigenschaften (wie Helligkeit, Farbe, Glanz, Rauigkeit) charakterisiert und optimiert. Zusätzlich wurden die beschichteten Bodenbeläge nach Anschmutzung mit praxisrelevanten Schmutzarten bzw. künstlicher Bewitterung untersucht.

Die entwickelten temporären Pflegebefilmungen auf Basis leitfähiger Pigmente gewährleisteten alle erforderlichen elektrischen Eigenschaften für elektrostatisch leitende und ableitfähige Bodenbeläge. Außerdem sind sie transparent, weisen eine exzellente Haftfestigkeit auf elastischen Bodenbelägen auf und werden den gegenwärtigen Ansprüchen an Abrieb- und Kratzfestigkeit, sowie Trittsicherheit gerecht. Die optimierten Pflegefilme zeigen keine Schädigung oder Verfärbung der Polymerbeschichtung nach künstlicher Bewitterung.

In Praxisversuchen zeigte sich, dass die Applikation der modifizierten Pflegebefilmungen auf die elastischen Bodenbeläge mit praxisüblichen Verfahren ohne zusätzlichen Aufwand durchgeführt werden konnte. Zudem wurde ein geringeres Anschmutzverhalten und eine verbesserte Reinigungseffizienz im Vergleich zu herkömmlichen Pflegeprodukten beobachtet. Auf der Basis der im Rahmen des Forschungsprojektes gewonnenen Erkenntnisse wurden Reinigungs- und Pflegeempfehlungen für leitfähige und ableitfähige Pflegebefilmungen erarbeitet.

**Entwicklung eines mobilen Verfahrens zur  
abwasser- und chemikalienfreien Fassadenreinigung mit  
Niedrigtemperatur-Atmosphärendruckplasmen  
(IGF 15271 N)**

Derzeit werden verschmutzte Fassaden meist mit Strahlverfahren gereinigt, bei denen entweder Wasser oder Gemische aus Wasser, Luft und festen Strahlmitteln eingesetzt werden. In Spezialfällen (z.B. bei der Graffiti-Entfernung) werden

auch toxikologisch und ökologisch nachteilige organische Lösemittel eingesetzt, wobei aufwändige Zusatzmaßnahmen des Arbeits- und Umweltschutzes erforderlich sind. Ein Nachteil der praxisüblichen wässrigen Strahlverfahren sind die hohen Personal- und Betriebskosten. Derartige Verfahren erfordern hohe Wassermengen, so dass in großem Umfang schadstoffbelastete Abwässer resultieren. Diese dürfen aufgrund der umweltrechtlichen Vorschriften nicht unaufbereitet in die Kanalisation bzw. in die Oberflächengewässer geleitet werden, sondern müssen je nach Schadstoffbelastung zusammen mit den eingesetzten Strahlmitteln aufwändig und zu hohen Kosten aufgefangen und aufbereitet bzw. entsorgt werden. Ferner führt der Einsatz wasserintensiver Fassaden-Reinigungsverfahren je nach Porosität der Materialien zu starker Durchfeuchtung mit entsprechenden Folgeschäden. Darüber hinaus kann trotz der möglichen Anpassung der Strahlwirkung an Untergrund und Anschmutzung eine Materialschädigung der zu reinigenden Oberfläche durch Abrasion nicht vollständig verhindert werden. Eine Alternative zu den genannten Reinigungsverfahren bietet die Plasmatechnologie. Wie im abgeschlossenen Forschungsprojekt gezeigt, können typische Fassadenmaterialien, wie Klinker, Sandstein, Feinsteinzeug, Marmor, Granit, Eloxal und Edelstahl mit kaltem Atmosphärendruckplasma gereinigt werden. Ein mobiles abwasser- und chemikalienfreies Reinigungsverfahren, das zugleich materialschonend ist, wurde hiermit entwickelt.

Als typische Anschmutzungen wurden Graffitianschmutzungen (Acryl- und Kunstharzlacke) und künstliche Atmosphärenschmutze eingesetzt. Die angeschmutzten Proben wurden einer definierten Bewitterung (abwechselnde UV- Bestrahlung und Betauung) für 30 Tage ausgesetzt. Zur Erzielung einer guten Reinigungswirkung mittels Plasma wurden verschiedene Prozessgase (Druckluft, Argon, Stickstoff) eingesetzt und Prozessparameter variiert, darunter Düsengeometrie, Abstand Düse-Substrat, Vorschubgeschwindigkeit und Anzahl der Überfahrten.

Bei Anwendung von Druckluft als Prozessgas wurde unter Einsatz eines hochenergetischen Druckluft-Plasmastrahls unter bestimmten Verfahrensbedingungen ein effektiver Abtrag von schwarzem, grünem und rotem Acryl- und Kunstharzlack, aber auch von Algen und Pilzen von bis zu 100% erreicht. Weißer und silbernen Acryllack konnten hingegen nur zu maximal 70% entfernt werden. Die untersuchten Materialien wurden dabei sowohl mechanisch als auch thermisch

nicht geschädigt. Während der Plasmabehandlung wurden relativ niedrige Oberflächentemperaturen von 60 bis 80 °C für mineralische bzw. 70 bis 115 °C für metallische Substrate gemessen. Weiterhin wurde das entwickelte Plasmaverfahren in der Praxis getestet und mit herkömmlichen Reinigungsverfahren und einschließlich Reinigungsmitteln verglichen. Im Gegensatz z.B. zum Wasserhochdruckstrahlverfahren konnten mit Druckluftlasma alle typischen Schmutzarten (Lacke, Algen, Pilze) sogar von sehr rauen Fassadenmaterialien, wie z.B. Putz und roter Klinker, chemikalien- und rückstandsfrei entfernt werden.

**Entwicklung eines Verfahrens zur temporären Beschichtung elastischer Bodenbeläge auf der Basis modifizierter, photokatalytisch aktiver Metalloxide zur Verbesserung der Nachhaltigkeit von Reinigung und Desinfektion  
(IGF 15110 N)**

Durch mangelnde Hygiene entstehen allein in Deutschland jährlich ca. 500.000 bis 800.000 nosokomiale Infektionen, die u.a. durch immer häufiger auftretende Antibiotikaresistente Mikroorganismen zu 30.000 bis 70.000 Todesfällen sowie zu einem volkswirtschaftlichen Schaden von mehr als 2 Mrd. € führen. Zur Prävention nosokomialer Infektionen sind nach der RKI-Richtlinie sowie nach Auffassung führender Hygieniker gezielte Desinfektionsmaßnahmen im patientennahen Umfeld sowie ein hygiene-kontrolliertes patientenfernes Umfeld notwendig, um Verschleppungen humanpathogener Keime bzw. Kreuzkontaminationen zu verhindern. Deshalb kommt der Flächenreinigung und -desinfektion wesentliche Bedeutung zu.

In der RKI-Richtlinie zur Flächenreinigung und -desinfektion werden Bereiche mit „besonderem Infektionsrisiko“, mit „möglichem Infektionsrisiko“ und „ohne Infektionsrisiko“ unterschieden. In die Kategorie „ohne Infektionsrisiko“ fallen dabei nur noch Hörsäle, Treppenhäuser u.ä.; bereits Allgemeinstationen und Ambulanzbereiche gelten als „möglicherweise risikobehaftet“. In solchen Bereichen sind laut RKI sog. „gezielte Desinfektionsmaßnahmen“ a) bei erkennbarer Kontamination, b) im Rahmen der Schlussdesinfektion, c) in Ausbruchssituationen sowie d) beim Auftreten spezieller Erreger umfassend durchzuführen; auch patientenferne Oberflächen müssen dann einbezogen werden.

Eine sachgerechte Flächenreinigung und –desinfektion liefert somit einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung nosokomialer Infektionen. Nach der Reinigung und Desinfektion erfolgt aufgrund der permanenten Begehung der Fußböden eine sehr schnelle Keim-Rekontamination. Diese Rekontamination ist in der Tatsache begründet, dass die heute verfügbaren Flächenreinigungs- und -desinfektions-verfahren keine nachhaltige Wirkung besitzen, da die bioziden Wirkstoffe nicht auf den Oberflächen verbleiben und daher unmittelbar nach Abschluss der Desinfektions-Maßnahme nicht mehr wirksam sind.

In dem Projekt wurde ein Verfahren zur temporären Pflegebeschichtung elastischer Bodenbeläge mit polymeren Systemen auf der Basis neuartiger modifizierter, im Bereich des sichtbaren Lichtes photokatalytisch aktiver Metalloxide entwickelt. Mit Hilfe der entwickelten photokatalytisch aktiven Pflegebeschichtung können 1-2 Log-Stufen Mikroorganismen innerhalb von 24 Stunden abgetötet werden.

***Die Projekte wurden durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.***

## Laufende Forschungsprojekte

### **Beschichtungen auf der Basis Stimulus-induziert selbstdegradierender Polymersysteme und deren Anwendung auf elastischen Bodenbelägen (01IF23446N)**

Ziel des Forschungsvorhabens sind kreislauffähige Beschichtungen, die sich durch eine hohe mechanische Stabilität und Barrierewirkung unter Gebrauchsbedingungen auszeichnen, einfach zu erneuern sind und aus deren Anwendung keine Mikroplastikemissionen resultieren. Solche Beschichtungen werden auf der Basis von Polymersystemen (biobasierte, bioabbaubare Polyester) realisiert, die einer Stimulus-induzierten Selbstdegradation unterliegen und die über endständige, UV-vernetzbare Endgruppen auf Basis sekundärer Pflanzenmetabolite (z.B. Cumarine) untereinander sowie mit biobasierten multifunktionalen Vernetzern (z.B. auf Basis von L-Lysin) lichtinduziert zu einem dreidimensionalen Polymer Netzwerk umgesetzt werden können.

Die Selbstdegradation der Polymersysteme wird unter den alkalischen Bedingungen der Grundreinigung durch Aktivierung von Nucleophilen (Aminen) in den Seitenketten der Polymere (Abspaltung alkalilabiler Schutzgruppen) induziert. Ein Angriff der Nucleophile an in der Polymerhauptkette vorliegenden Carbonylgruppen führt zur Umsetzung der selbstdegradierenden Polymersysteme in niedermolekulare, wasserlösliche, zyklische Verbindungen, die ohne den Eintrag hoher Mechanik vom elastischen Bodenbelag entfernbar sind. In der Grundreinigerflotte werden diese zyklischen Verbindungen im Folgenden in die den selbstdegradierenden Polymersystemen zugrunde liegenden Aminosäuren überführt (alkalische Hydrolyse). Die Aminosäuren können selektiv mit praxisüblichen Verfahren unter Einsatz von Ionenaustauscherharzen aus der Flotte zurückgewonnen und dann erneut zur Synthese Stimulus-induziert selbstdegradierender Polymersysteme eingesetzt werden. unter Einsatz von Beschichtungen auf Basis Stimulus-induziert selbstdegradierender Polymersysteme lässt sich der Aufwand für die Reinigung und Pflege elastischer Bodenbeläge deutlich verringern.

### **Visualisierung viraler Kontaminationen (01IF23338N)**

Ziel des Forschungsvorhabens ist, mittels allosterischer Aptamere virale Kontaminationen auf Oberflächen zu visualisieren. Die allosterischen Aptamere erkennen virale Erreger und initiieren eine Hybridisierungskettenreaktion, in der sich Oligonukleotide mit Haarnadelstruktur, die anteilig mit Goldnanopartikeln funktionalisiert sind, autonom zu hochverzweigten Nukleinsäurestrukturen (plasmonisch aktiven Dendronen) zusammenlagern. Die Anreicherung der Goldnanopartikel in den Dendronen geht mit einer visuell wahrnehmbaren Farbänderung einher. Um allosterische Aptamere gegen ein Zielprotein auf der Oberfläche eines viralen Erregers zu entwickeln, ist ein spezielles Verfahren nötig, das in Anlehnung an beschriebene Verfahren zur Aptamere Selektion als SEALEX (Systematic Evolution of Allosteric Ligands by EXponential Enrichment) bezeichnet wird.

Reinigungsdienstleistern und textilen Dienstleistern wird durch die Projektergebnisse ein Nachweis für virale Kontaminationen zur Verfügung stehen, der sie erstmals befähigt, vor Ort im Rahmen innerbetrieblicher Eigenkontrollen die viruzide Wirkung der von ihnen vorgenommenen Reinigungs-/Desinfektionsmaßnahmen zu überwachen. Dadurch können Fehler schneller identifiziert und die Hygienesicherheit optimiert werden. Prinzipiell ist auch ein Einsatz des entwickelten Nachweisverfahrens zu diagnostischen Zwecken in der Medizin vorstellbar.

### **Hydrogele mit lichtinduzierten antibakteriellen Eigenschaften und deren beispielhafte Anwendung in innovativen Wundaufgaben (01IF00385C)**

Ziel des Forschungsvorhabens sind nicht-haftende, hochtransparente Hydrogele mit kontrollierbaren antibakteriellen Eigenschaften, die auf der Generierung reaktiver Sauerstoffspezies (ROS) bei Anregung von im Hydrogel inkludierten, dotierten Zinkoxid (ZnO)-Strukturen mit Licht einer Wellenlänge oberhalb von 400 nm beruhen. Um einen Lichteintrag ins Hydrogel über polymere optische Fasern (SE-POF) zu erzielen, wird der Brechungsindex des Hydrogels an den des Faserkerns angepasst. Die antibakteriellen Eigenschaften solcher Hydrogele beruhen neben der langsamen Freisetzung von Zink-Ionen insb. auf der Bildung von ROS, wobei

deren Konzentration sich u.a. durch die Lichtintensität sowie Dauer und Häufigkeit der Belichtung regulieren lässt. Abhängig von der Konzentration können ROS die Wundheilung fördern. Um eine Wundauflage für thermische Verletzungen (z.B. Brandwunden) zu entwickeln, werden die Hydrogele auf einem mit SE-POFs versehenen textilen Träger synthetisiert; dazu werden geeignete Verfahrensparameter erforscht.

Von den Forschungsergebnissen profitieren neben in der Medizintechnik tätigen Unternehmen insbesondere auch Textilhersteller und sowie die chemische Industrie. Neben Verbrennungsopfern profitiert auch das Gesundheitswesen.

Auf Basis der Ergebnisse lassen sich zudem selbstreinigende und -desinfizierende Beschichtungen z.B. für Oberflächen im Gesundheitswesen sowie innovative Filtersysteme zur Prozesswasseraufbereitung entwickeln. Reinigungsdienstleister können auf Basis der Projektergebnisse innovative Dienstleistungen anbieten und ihre Wirtschaftlichkeit verbessern.

### **Plasmaaktivierte Eispartikel zur Fassadenreinigung und -desinfektion (01IF23265N)**

Um den Immobilienwert zu erhalten, d.h. optische Beeinträchtigungen und Schäden zu vermeiden, ist eine regelmäßige Fassadenreinigung unabdingbar, da häufige Sanierungen (Neuanstrich) weder wirtschaftlich noch unter Nachhaltigkeitsaspekten vertretbar sind.

Da die Fassadenfläche in Deutschland einige Mrd. m<sup>2</sup> beträgt, stellt die Fassadenreinigung einen ausbaufähigen Markt mit enormem wirtschaftlichem Potenzial dar, dessen Erschließung jedoch aufwendige und teilweise kostenintensive Reinigungsverfahren entgegenstehen.

Ziel des Forschungsvorhabens ist, ein Strahlverfahren auf Basis von plasmaaktivierten Eispartikeln zu realisieren, das eine Fassadenreinigung und -desinfektion in einem Arbeitsschritt erlaubt, ohne den Einsatz von herkömmlichen Reinigungschemikalien und Bioziden auskommt und sich durch einen geringen Wasserverbrauch auszeichnet. Dazu werden Wassertröpfchen in einem Aerosol mit Plasma aktiviert, mit einem kryogenen Gas eingefroren und beschleunigt.

Beim Aufprall der plasmaaktivierten Eispartikel auf die Fassade werden An-schmutzungen bzw. Bewuchs durch die übertragene kinetische Energie abgetra-gen; ferner kommt es zur Bildung einer dünnen, aus Wasser und Eis bestehenden 2-Phasen-Schicht („Slushy“-Schicht), in der sich die bei Plasmaaktivierung des Wassers erzeugten reaktiven Spezies befinden. Die reaktiven Spezies töten nicht abgetragene Mikroorganismen ab und bleichen Verfärbungen.

### **Antimikrobielle Self-Assembling-Systeme zur Gewährleistung einer nach-haltigen Oberflächenhygiene (01IF23264N)**

Ziel des Forschungsvorhabens sind Desinfektionsreiniger auf Basis antimikrobi-eller Self-Assembling-Systeme (SAS), aus deren Anwendung keine verstärkte Schmutzhaftung an behandelten Bodenbelägen resultiert und die zu einer nach-haltigen Hygiene dieser Beläge führen. Die SAS basieren auf Peptiden, die sich oberhalb einer definierten Konzentration (kritische Aggregationskonzentration, CAC) zu stabilen Aggregaten zusammenlagern und nur in diesem aggregierten Zustand antimikrobiell wirken. Während der Unterhaltsreinigung führen im Desin-fektionsreiniger vorliegende SAS-Aggregate auch bei Vorliegen von Kontamina-tionen mit hohen Konzentrationen an Erregern zur effektiven Desinfektion der Bo-denbeläge. Die nach der Unterhaltsreinigung auf dem Belag verbleibenden SAS-Aggregate sorgen für die umgehende Inaktivierung von Erregern, die in geringer Konzentration zwischen zwei Dekontaminationsmaßnahmen auf den Bodenbelag auftreten. Eine Akkumulation antimikrobieller Wirkstoffe kann durch ein regelmä-ßiges Wischen (z.B. wöchentlich) mit reinem Wasser (Verdünnen der SAS-Konzentration auf einen Wert unterhalb der CAC) ausgeschlossen werden. Da hierbei die SAS-Aggregate aufgelöst werden, enthält das Wischwasser keine an-timikrobiell wirksamen Substanzen mehr. Die SAS sind biologisch abbaubar und werden im Rahmen der biologischen Wasseraufbereitung in der kommunalen Kläranlage enzymatisch abgebaut bzw. verstoffwechselt.

Aufgrund der resultierenden erhöhten Hygienesicherheit ist davon auszugehen, dass Hygienekommissionen die Anwendung von Desinfektionsreiniger auf Basis antimikrobieller SAS in ihren Hygieneplänen vorsehen. Durch den Einsatz der

SAS-basierten Desinfektionsreiniger lässt sich der Aufwand für die desinfizierende Unterhaltsreinigung elastischer Bodenbeläge im Vergleich zum Aufwand bei Anwendung derzeitiger Systeme deutlich verringern.

### **Spezialenzyme zur Oxidation und Degradation von Kohlenwasserstoffen und deren beispielhafte Anwendung in Wasch- und Reinigungsverfahren (01IF23097N)**

Die Verwendung von Kohlenwasserstoffen in Industrie und Handwerk stellt in der Reinigungsbranche tätige Unternehmen vor große Herausforderungen: Da Kohlenwasserstoffe unpolar und lipophil sind, lassen sich Kontaminationen nur mit hohem Aufwand oder/und unter Einsatz toxikologisch bedenklicher Lösemittel entfernen. Kohlenwasserstoffe sind, u.a. in Form von Polymeren bzw. Mikroplaststoffen, in verschiedenen Pflegemitteln enthalten, z.B. als synthetische Wachse in Pflegedispersionen. Aufgrund der stetigen Bemühungen der EU-Kommission, die Mikroplastikemission zu senken, wächst in der Branche die Sorge, dass zukünftig auch solche Pflegemittel reglementiert werden. Ziel des Forschungsvorhabens ist, Mikroorganismen aus der Umwelt (z.B. Kläranlagen, Mülldeponien) zu isolieren und mit speziellen molekularbiologischen bzw. biotechnologischen Verfahren (z.B. Metagenom- und Metatranskriptomanalyse, bioinformatische Analyse Enzym-kodierender Sequenzen unter Einsatz von Sequenzdatenbanken), in Kombination mit aktivitätsbasierten Methoden, Enzyme bzw. Enzymklassen zu identifizieren, die Kohlenwasserstoffe oxidieren und degradieren. Geeignete Methoden sind zu entwickeln, die ein aktivitätsbasiertes Enzymscreening unter Einsatz praxisrelevanter, nicht wasserlöslicher Substrate und unter praxisnahen Bedingungen erlauben. Auf Basis solcher Spezialenzyme lassen sich Wasch- und Reinigungsverfahren entwickeln, bei deren Anwendung sich für im Leasinggeschäft tätige textile Dienstleister wirtschaftliche Vorteile bei der Aufbereitung von Berufskleidung aus Industrie und Handwerk und für Gebäudereiniger wirtschaftliche Vorteile bei der Grundreinigung von textilem Bodenbelag ergäben.

### **Trockeneisstrahlverfahren zur wasserfreien, hygienischen Geschirreinigung (01IF23050N)**

Da das Optimierungspotential herkömmlicher Geschirrspülprozesse nahezu ausgeschöpft ist, ist eine über den Stand der Technik hinausgehende Reduktion des Betriebsmittelbedarfs nur durch einen Technologiewechsel zu erzielen.

Ziel des Forschungsvorhabens ist ein Strahlverfahren zur Geschirreinigung, das eine maschinelle Vorabräumung mittels eines Luftstroms, die Geschirreinigung mit Trockeneis pellets und, sofern erforderlich, eine nachfolgende UV-Behandlung zur weiteren Keimreduktion umfasst. Dazu sind spezielle Strahldüsen zu entwickeln, geeignete Prozessparameter zu erforschen und eine entsprechende Anlage (Funktionsmuster) zu konzipieren. Gastronomiebetrieben inkl. Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung, die oftmals von Reinigungsdienstleistern betrieben werden, wird ein Strahlverfahren mit Trockeneis pellets zur Verfügung gestellt, das eine hygienisch einwandfreie Geschirreinigung ohne den Einsatz von Wasser und Reinigungschemikalien erlaubt. Verglichen mit herkömmlichen Geschirrspülprozessen sinkt zudem der Energie- und Personalbedarf. Unter der vorsichtigen Annahme, dass nur 10 % der jährlich in Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung anfallenden Geschirrmenge (über 3 Mrd. Gedecke) mit dem neuen Strahlverfahren gereinigt werden, ergeben sich Einsparungen. Da CO<sub>2</sub> (z.B. aus industriellen Prozessen) zur Geschirreinigung genutzt wird, kann das Strahlverfahren einen Beitrag zum Erreichen klimapolitischer Ziele („Green Deal“) leisten. Dabei ist zukünftig sogar ein weitestgehend klima-neutraler Betrieb solcher Anlagen vorstellbar: Küchenabfälle und bei der Geschirreinigung abgelöste Speisereste können vor Ort zur Biogaserzeugung dienen; das dabei entstehende CO<sub>2</sub> kann zusammen mit dem bei der Geschirreinigung anfallenden CO<sub>2</sub> (Sublimation der Pellets) zurückgewonnen werden. Technologien zur Rückgewinnung kleiner CO<sub>2</sub>-Mengen aus Gasströmen befinden sich derzeit in Entwicklung.

---

**Dielektrophoretische Filter zur Partikelseparation und deren  
beispielhafte Anwendung zur Entfernung von Mikroplastik  
aus in der Reinigungsbranche anfallenden Abwässern  
(01IF22990N)**

Ziel des Projekts ist ein dielektrophoretischer Filter, der die Abtrennung eines breiten Spektrums an Polymerpartikeln bzw. Mikroplastik (z.B. breite Partikelgrößenverteilung, Form, Dichte, Ladung) aus wässrigen Medien (z.B. Ab- oder Prozesswasser) in einem Filtrationsschritt ermöglicht.

Als Filtermedium werden spezielle Tuftingstrukturen entwickelt, in deren Nuttschicht neben nichtleitenden inelastischen Garnen aus anorganischen Materialien (z.B. Glas) in regelmäßigen Abständen elektrisch leitende Garne (z.B. Edelstahlfasergarne) als Elektroden eingebracht werden.

Geeignete Tuftingstrukturen und Filtermodule sind zu designen und zur dielektrophoretischen Partikelrückhaltung im Filtermedium geeignete Verfahrensparameter (Wechselspannung, Frequenz, Flussrate, Spülintervalle) zu erforschen.

Da die Partikelrückhaltung in „Feldkäfigen“ (Feldmaxima bzw. -minima) erfolgt, kann die Porenweite des Filtermediums bei dielektrophoretischer Filtration deutlich größer sein als der Durchmesser zurückzuhaltender Partikel. Daher sind solche Filter kaum von Fouling betroffen und weisen einen sehr geringen Druckverlust auf.

**Thermosolubilisierbare Hydrophobierungssysteme  
auf Basis nachwachsender Rohstoffe  
(01IF22794N)**

Ziel des Forschungsvorhabens sind thermosolubilisierbare Hydrophobierungssysteme auf Basis nachwachsender Rohstoffe, die eine effiziente Reinigung von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) ermöglichen. Die Bestandteile der Hydrophobierungssysteme sind biologisch abbaubar und liegen unter Anwendungsbedingungen (unter 70 °C) als feste Matrix auf den WDVS vor. Thermosolubilisierbare Hydrophobierungssysteme basieren auf speziell zu entwickelnden thermolabilen Mikrokapseln, die am WDVS haften und zur Bindung von hydrophobierenden Agenzien (Monofettsäuren) dienen. Durch Ausrichtung der Alkylketten der

hydrophobierenden Agenzien zur Luftgrenzfläche wird die Hydrophobierung beschichteter WDVS erzielt.

Unter Reinigungsbedingungen (z.B. Niederdruckverfahren mit Wasserdampf, T über 100 °C) verlieren die thermolabilen Mikrokapseln durch Wärmeeinwirkung ihre Integrität und zerfallen unter Freisetzung solubilisierender Agenzien (zwitterionische Aminosäuren). Die ausgerichtete Struktur der hydrophoben Alkylketten an der Fassadenoberfläche wird aufgehoben, so dass das WDVS mit Wasser benetzt wird. Die solubilisierenden Agenzien bilden mit den zuvor an den Mikrokapseln gebundenen hydrophobierenden Agenzien amphiphile Komplexe aus, die Verschmutzungen sowie die zuvor als Kapselhülle dienenden Polymere mizellar einlagern, wodurch das Hydrophobierungssystem im Wasser gelöst wird.

Den Reinigungsdienstleistern wird durch die Projektergebnisse ein thermosolubilisierbares Hydrophobierungssystem zur Verfügung gestellt, das die effiziente Reinigung von WDVS zu einem vom Kunden (Gebäudeeigentümer/-betreiber) akzeptierten Preis ermöglicht und der politischen sowie gesellschaftlichen Forderung nach Produkten und Dienstleistungen unter Einsatz nachwachsender Rohstoffe genügt.

### **Bioinspirierte Polyurethan-Beschichtungen und deren Anwendung auf elastischen Bodenbelägen (01IF22785N)**

Ziel des Forschungsvorhabens sind bioinspirierte PU-Beschichtungen, die sich durch eine hohe Verschleißfähigkeit und Barrierewirkung unter Gebrauchsbedingungen auszeichnen, einfach zu erneuern sind und aus deren Anwendung keine Mikroplastikemissionen resultieren. Derartige PU-Beschichtungen werden auf der Basis von bioabbaubaren PU-Oligomeren realisiert, die über bioinspirierte vernetzende Gruppen reversible Netzwerke ausbilden können.

Aufgrund der thermisch schaltbaren 3-dimensionalen Vernetzung der bioinspirierten PU-Beschichtung können kleine mechanische Beschädigungen durch lokale Temperierung (Überführung in den flüssigen Zustand) ausgeglichen werden (thermisch induzierte Selbstheilung). Nach größerem Materialabtrag ist ferner eine einfache Regenerierung der Beschichtung unter Einbindung neu

aufgebrachter Beschichtung in die Netzwerkstruktur der alten, noch auf dem Bodenbelag vorliegenden Beschichtung möglich, wobei ein homogenes Netzwerk aus alter und neuer Beschichtung ohne sichtbare Ansatzstellen erhalten wird. Bei Schmutzmigration in die bioinspirierten PU-Beschichtungen ist eine einfache Entfernung der alten vor Applikation der neuen PU-Beschichtung durch Applikation einer Dispersion eines human- und ökotoxikologisch unbedenklichen Nanozyms (synthetisches Enzymmimic der Photolyase) möglich, das durch die Bestrahlung mit VIS-Licht (z.B. Deckenbeleuchtung) angeregt wird und die reversiblen kovalenten Vernetzungspunkte in der bioinspirierten PU-Beschichtung aufhebt. Hierdurch wird die bioinspirierte PU-Beschichtung in kurzketttige, bioabbaubare PU-Oligomere überführt, die ohne den Eintrag hoher Mechanik mit heißem Wasser vom Boden entfernt werden können. Unter Einsatz bioinspirierter PU-Beschichtungen lässt sich der Aufwand für die Reinigung und Pflege elastischer Bodenbeläge deutlich verringern.

### **Hydrochrome Tensidsysteme zur Kontrolle der Oberflächenbenetzung bei Reinigungs- und Desinfektionsprozessen (01IF22784BG)**

Ziel des Forschungsvorhabens sind hydrochrome Tensidsysteme bzw. Desinfektionsreiniger auf Basis derartiger Tensidsysteme, die eine visuelle Kontrolle der Oberflächenbenetzung bei Reinigungs-/Desinfektionsprozessen (z.B. während des Wischvorgangs bei der Unterhaltsreinigung elastischer Bodenbeläge und der anschließenden Einwirkzeit des Desinfektionsreinigers) ermöglichen. Die hydrochromen Tensidsysteme ändern ihr Absorptionsverhalten und somit ihre Farbe (z.B. von transparent zu rot) bei Solvatisierung durch Wasser. Im solvatisierten Zustand (z.B. in der Desinfektionsreinigerlösung) zeigen sie eine Absorption im sichtbaren Bereich (farbiger Zustand der hydrochromen Tensidsysteme), während sie im nicht solvatisierten Zustand (z.B. nach dem Trocknungsprozess) außerhalb des sichtbaren Bereichs absorbieren (transparenter Zustand der hydrochromen Tensidsysteme). Aufgrund der Farbigkeit der Tensidsysteme im solvatisierten Zustand ist eine direkte Unterscheidung von gereinigten/desinfizierten und noch zu reinigenden/desinfizierenden Bereichen möglich. Da die hydrochromen Tensidsysteme unmittelbar nach dem Trocknungsprozess in den

transparenten Zustand übergehen, lässt sich die Einhaltung der Einwirkzeit visuell nachvollziehen.

Unter Einsatz von Desinfektionsreinigern auf Basis hydrochromer Tensidsysteme können aufgetretene Fehler (z.B. unzureichende Benetzung in einem schwer zugänglichen Bereich) unmittelbar korrigiert werden, wodurch die Prozesssicherheit maßgeblich gesteigert werden kann. Ferner ist eine einfache und unmittelbare Dokumentation der Qualität durchgeführter Reinigungs-/Desinfektionsmaßnahmen (z.B. mittels Fotos) möglich.

### **AIE-aktive Photosensibilisatoren zum Monitoring und zur Minimierung der mikrobiellen Konatminationen im Feuchtmittelkreislauf (01IF22547N zusammen mit FOGRA)**

Die Verkeimung der Feuchtmittelkreisläufe in Druckmaschinen wird durch stetig reduzierten Einsatz von Isopropanol und Bioziden in Feuchtmitteln immer kritischer. Daraus entstehen Betrieben der Druckindustrie hohe Aufwendungen, die aus der regelmäßigen Reinigung und Pflege der Feuchtmittelkreisläufe von Offset-Druckmaschinen zur Vermeidung von Biofilmbildung entstehen. Immer häufiger erfolgen diese Reinigungen durch Beauftragung von Reinigungsdienstleistern, für welche diese Dienstleistungen ein hohes wirtschaftliches Potenzial haben. Diese Umstände machen es notwendig, neue Lösungen für die Verkeimungsproblematik zu finden. Daher sollen im Rahmen des beantragten Forschungsprojektes neuartige Substanzen, nämlich Photosensibilisatoren mit Aggregations-induzierter Emission (AIE-aktive Photosensibilisatoren) dazu genutzt werden sowohl die Verkeimung zu überwachen als auch diese Moleküle zu nutzen, um die Mikroorganismen abzutöten. Bei AIE-aktiven Photosensibilisatoren handelt es sich um Moleküle, die nach Aggregation, z.B. durch Inkorporation in Bakterien, fluoreszieren und damit die Möglichkeit des Monitorings ermöglichen. Ebenfalls nach Aggregation können durch Anregung mit sichtbarem Licht zwei unterschiedliche Inaktivierungsmechanismen von Bakterien mittels ausgelöst werden: Bei der Typ I-Reaktion kommt es zur direkten Interaktion mit zellulären Substraten, d.h. der Energietransfer verläuft unter Energieabgabe vom Sensibilisator an das Substrat, was im letzten Ende zur Bildung von hochreaktive

Sauerstoffspezies (ROS) führt. Bei der Typ II-Reaktion kommt es zur Bildung von hochreaktivem Singulett-Sauerstoff. Sowohl ROS als auch Singulett-Sauerstoff reagieren im Folgenden mit Bestandteilen der Zellen wie zum Beispiel den Phospholipiden der Biomembran, was zur Aufhebung der Membranintegrität und letztendlich zum Zelltod führt (photodynamische Inaktivierung).

**Biologischer Abbau speziell designter, an die Enzymologie von Umweltorganismen angepasster Polyacrylate und deren beispielhafte Anwendung in Pflegedispersionen für elastische Bodenbeläge (01IF21946N)**

Polyacrylate tragen erheblich zur Performance von Wasch- und Reinigungsmitteln bei. Ferner sind Polyacrylate Hauptbestandteil von Pflegebefilmungen, die sich positiv auf Anschmutz- und Reinigungsverhalten sowie Lebensdauer elastischer Bodenbeläge auswirken. Die ECHA arbeitet derzeit an einem Vorschlag zur Beschränkung absichtlich zugesetzter Mikrokunststoffe, worunter u.a. polymerhaltige Partikel (Durchmesser 1 nm bis 5 mm) fallen; ausgenommen sind biologisch abbaubare Polymere. Ziel des Forschungsvorhabens ist, Mikroorganismen aus der Umwelt (z.B. Kläranlagen, Mülldeponien) zu isolieren und mittels spezieller molekularbiologischer bzw. biotechnologischer Verfahren (z.B. Metagenom- und Metatranskriptomanalyse, bioinformativ Analyse Enzym-kodierender Sequenzen) in Kombination mit aktivitätsbasierten Methoden Enzyme zu identifizieren, die Polyacrylate effizient abbauen und Degradationsmechanismen aufzuklären. Die Klassifizierung der Enzyme erfolgt anhand der von ihnen katalysierten Reaktionen und gibt Aufschluss über die von ihnen gespaltene Bindungsart. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse werden Polyacrylate mit chemisch und/oder enzymatisch spaltbaren Bindungen im Polymerrückgrat synthetisiert, um den mikrobiellen bzw. enzymatischen Abbau zu beschleunigen.

## Für die Förderung danken wir:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz



Ministerium für Wirtschaft,  
Industrie, Klimaschutz und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



## Vorträge und Poster

- PASCHEN, A., GELDERBLOM, S., ASLAN, B., KARSTENS, R., NEUMANN-SCHMIDT, T., HEUVEL, F., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Akustomechanische Reinigung textiler Bodenbeläge auf Basis metallischer Helixgarne  
Poster, Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference, 2022
- ZOGRAGOU, J., PAULHEIM, A., HEUVEL, F., JAGLA, K., GELDERBLOM, S., HLOCH, H.G., ASLAN, B., BOHNEN, J.  
Inverse Streamer-Corona-Entladung zur Trockendesinfektion textiler Bodenbeläge mit Elektrodenflor  
Poster, Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference, 2022
- WEHRL, M  
Hygiene im Griff – Aufbereitungsqualität von Medizinprodukten innovativ geprüft  
Fachkolloquim, Forschungsallianz Medizintechnik (FAM) 2021
- WEHRL, M  
Methodengruppe 2.0 – Wege zur Optimierung der Elution von Endoskopkanälen zur Bestimmung der Aufbereitungsleistung  
5th Conference of Applied Hygiene, Microbiology and Virology, Hamburg, 2019
- PFANNMÜLLER, A.  
Einfaches Monitor-System zur Detektion von Glutaraldehyd-Rückständen auf flexiblen Endoskopen  
5th Conference of Applied Hygiene, Microbiology and Virology, Hamburg, 2019
- WEHRL, M.  
Fibrin-Prüfkörper – praxisnahes Prüfmodell zur Bewertung der Wirksamkeit von Reinigern  
23. Jahreskongress der DGSV e.V., Fulda, 2019
- OSSIG, R.  
Innovative Ansätze zur Reinigungstechnologie aus der Forschung  
Clean Transport - Messe für Verkehrsmittelreinigung, Hannover, 2019
- BRILL, F.H.H., WEHRL, M.  
Desinfektionsmittelrückstände auf Medizinprodukten schnell nachweisen: Von der Forschung zur Anwendung. Fast detection of disinfectant residues on medical devices: from research to application  
1. Gemeinsames Fachkolloquium der AiF-Forschungsallianz Medizintechnik (FAM). Frankfurt a.M., April 2019

- ACHTEN, A., HEINZE, E., WEHRL, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J., DIETZEL, S., RAUH, W.  
Bedarfsgerechte Feuchtmittelkonservierung mit enzymatisch aktivierbaren antimikrobiellen Systemen zur Vermeidung von Biofouling im Offsetdruck  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- THYSSEN, C., ACHTEN, A., SPETTMANN, D., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Parameterbezogene Prozesskontrolle der Desinfektion in gewerblichen Geschirrspülmaschinen auf Basis funktionalisierter  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- MEEßEN, J., THYSSEN, S., ACHTEN, A., PFANNMÜLLER, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Oberflächen mit Selbstschutzfunktion zum Erhalt der chemischen und mikrobiellen Reinheit  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- MEEßEN, J., PFANNMÜLLER, A., HUGO, A., BANKODAD, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines Monitoringsystems zur kontinuierlichen Überwachung der Hygiene von raumluftechnischen Anlagen durch kumulative Erfassung von mikrobiellen Luftverunreinigungen mittels ion jelly-Detektor  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- PFANNMÜLLER, A., BORN, A., REICHEL, D., WEHRL, M., BOHNEN, M.  
Entwicklung eines bausubstanzschonenden, biologischen Reinigungsverfahrens zur Entfernung von Fassadenbiofilmen  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- WEHRL, M., PFANNMÜLLER, A., MEEßEN, J., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Duplex-Amplifikationsverfahren zum in situ-Schnellnachweis hygienerelevanter Keime auf flexiblen Endoskopen  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- WEHRL, M., PFANNMÜLLER, A., MEEßEN, J., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Magnetostriktiver Snap Sensitizing-Sensor zur Kontrolle der mikrobiologischen Wasserqualität  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- WEHRL, M., THYSSEN, C., ACHTEN, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Quantum Dot basierte Elektrochemolumineszenz zum Multiplex-Schnellnachweis von hygienerelevanten Keimen und Gesamtkeimzahl  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- WEHRL, M.  
Gefangen im Fibrin-Netz: Prüfkörpermodell zur Bewertung von Instrumentenreinigern  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- KAMPE, A., BRILL, F.H.H., PFANNMÜLLER, A., WEHRL, M.  
Verfahren zur Eliminierung von Matrixeffekten bei der Bestimmung des Restproteingehalts von manuell aufbereiteten dentalen Übertragungsinstrumenten  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019

- WEUSTER, A., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J., WAGNER, M., SCHULTHEIS, P.  
Hygienisierung von Sicherheitsschuhen mit Plasma-aktiviertem Wasserdampf  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- CASPER, P., SPETTMANN, D., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Stoßwellen-basiertes Reinigungsverfahren für nassbelastete Barfußbereiche  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Projekte im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM)  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- FESEL, P., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Katalytische Aptazym-Reportersysteme zum Pilzsporennachweis  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- SPROTT, S., ROEBEN, E., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Fassadenreinigung auf der Basis segregierender Gelnetzwerke  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- SEIDEL, S., KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Elastische Bodenbeläge zum Klingeln bringen: Photoakustische Kontrolle der Befilmungsqualität  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- VAN DEN BERG, T., KREDEL, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Optochemische Pflegebefilmungen zur Kontrolle der Oberflächenbenetzung bei Reinigungs- und Desinfektionsprozessen  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- VATERRODT, A., HELLMERT, M., SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Lichtinduzierte Be- und Entschichtung elastischer Bodenbeläge  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- VAN DEN BERG, T., SEIDEL, S., THIERFELD, H., SPROTT, S., KREDEL, A., KRIEG, M., VON KIEDROWSKI, V., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Lauschangriff auf Mikroorganismen: Nanoventil-Nanopartikel zur photoakustischen Bestimmung des Hygienestatus auf Oberflächen  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- VAN DEN BERG, T., THIERFELD, H., HERRMANN, C., VON KIEDROWSKI, V., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Enzym-Januspartikel-Indikator zur Kontrolle des Hygienestatus von Oberflächen  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019

- SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Überwachung der mikrobiologischen Wasserqualität durch Detektion mikrobieller Indikatorenzyme mit einer bioelektrischen Fließzelle  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- SEIDEL, S., ROEBEN, E., KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., DOBESCH, M., RAUH, W., BOHNEN, J.  
Testsystem zur Bewertung von Benetzbarkeit und Oberflächenreinheit  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
MRSA-Nachweis auf der Basis von Upconversion-Glasfasern  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Pflegebefilmungen aus Flüssigmembran-separierten Komplementärphasen-Dispersionen  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- HELLMERT, M., SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Magneto-spumare Partikel zur rückstandsfreien Reinigung textiler Bodenbeläge  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- BOHNEN, J.  
Situation und Perspektiven der Forschungsförderung  
FRT-Mitgliederversammlung, Lübeck, November 2018
- WEUSTER, A., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J. (wfk)  
WAGNER, M., SCHULTHEIS, P. (PFI)  
Hygienisierung von Sicherheitsschuhen mit Plasma-aktiviertem Wasserdampf  
25. Innovationstag Mittelstand des BMWi, Berlin, Juni 2018
- BOHNEN, J.  
Entwicklung der Förderlandschaft und aktuelle wfk-Projekte  
wfk-Mitgliederversammlung, Krefeld, März 2018
- KAMPE, A., WEHRL, M., BRILL, F.H.H.  
Verfahren zur Eliminierung von Matrixeffekten bei der Bestimmung des Restproteingehalts von manuell aufbereiteten dentalen Übertragungsinstrumenten  
14. Kongress für Krankenhaushygiene der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH e.V.), Berlin, März 2018
- ACHTEN, A., THYSSEN, C., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameterbezogene Prozesskontrolle der Desinfektion in gewerblichen Geschirrspülmaschinen auf Basis funktionalisierter Vesikel  
DTVmed-Jahrestreffen, Krefeld, Januar 2018
- PFANNMÜLLER, A., POPPE, S., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Enzymatischer Komparatortest für Glutaraldehydrückstände auf flexiblen Endoskopen  
DTVmed-Jahrestreffen, Krefeld, Januar 2018

- ACHTEN, A., HEINZE, E., FRIEDRICH, T., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Bedarfsgerechte Feuchtmittelkonservierung mit enzymatisch aktivierbaren antimikrobiellen Systemen zur Vermeidung von Biofouling im Offsetdruck  
DTVmed-Jahrestreffen, Krefeld, Januar 2018
- MEESEN, J., PFANNMÜLLER, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines Monitoringsystems zur kontinuierlichen Überwachung der Hygiene von raumluftechnischen Anlagen durch kumulative Erfassung von mikrobiellen Luftverunreinigungen mittels ion jelly-Detektor  
DTVmed-Jahrestreffen, Krefeld, Januar 2018
- BOHNEN, J.  
Sauber, hygienisch, funktional: Forschungstrends & Potenziale  
DTV-Verbandstag, Starnberg, September 2017
- BOHNEN, J.  
Potenziale der industriellen Gemeinschaftsforschung  
Wirtex-FNTU Innovationsforum Wäschereiprozess  
Frankfurt, Juni 2017
- BOHNEN, J.  
Situation und Perspektiven der Forschungsförderung  
FRT-Mitgliederversammlung, Augustdorf, November 2017
- OSSIG, R., wfk, Krefeld  
LANGER, M., HEISE, M., FILK, Freiberg  
Neues plasmabasiertes Trockenentschichtungsverfahren zur Grundreinigung elastischer Bodenbeläge  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- CASPER, P.  
FRT-Leitfaden zur Aufbereitung von Reinigungstextilien  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Projekte im Rahmen des zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM)  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- OSSIG, R., HLOCH, H.G., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
LANGER, M., HEISE, M., FILK, Freiberg  
Anwendung von nicht-thermischen Atmosphärendruckplasmen zur Trockenentschichtung elastischer Bodenbeläge  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- SZILLAT, F., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines wasserbasierten Reinigungsverfahrens für Druckmaschinengehäuse  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- WEHRL, M.  
Etablierung einer Methode zur vergleichenden Bewertung der Wirkung von Instrumentenreinigern – Arbeit der AG RMT der DGKH e.V.  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017

- KOLBE, S., ACHTEN, A., FRIEDRICH, T., OVERLÖPER, A., SCHNEIDER, R., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Hygiene-Schnelltests  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- KOLBE, S., STOLZ, M., GERLACH, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Erneuerbare antimikrobielle Peptid-Primersysteme zur Gewährleistung einer nachhaltigen Hygiene elastischer Bodenbeläge im Gesundheitsbereich  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- KOLBE, S., DUMSCH, I., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemische Synchronbestimmung von hygienerelevanten Mikroorganismen und Gesamtkeimzahl auf Oberflächen  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- POPPE, S., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Katalytische Aptazym-Reportersysteme zum Pilzsporennachweis  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- KOLBE, S., SCHNEIDER, R., OVERLÖPER, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Real-time Hygienemonitore auf Basis Stimulus-sensitiver Liposomen  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- ACHTEN, A., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameterbezogene Prozesskontrolle der Desinfektion in gewerblichen Geschirrspülmaschinen auf Basis funktionalisierter Vesikel  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- ACHTEN, A., STOLZ, M., HEINZE, E., WEHRL, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
DIETZEL, S., RAUH, W., Fogra Forschungsgesellschaft Druck, München  
Bedarfsgerechte Feuchtmittelkonservierung mit enzymatisch aktivierbaren antimikrobiellen Systemen zur Vermeidung von Biofouling im Offsetdruck  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- WEHRL, M., ACHTEN, A., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines enzymatischen Prüfkörpers zur Routinekontrolle der Gesamtprozessleistung bei der Aufbereitung von flexiblen Endoskopen  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- ACHTEN, A., JACHLEWSKI, W., WEHRL, M., GALLAUN, U., LASKE, S., BOHNEN, J.  
Neuartiges Niederterperatur-Setrilsationsverfahren auf der Basis von überkritischem Kohlendioxid und von kompatiblen Nanokompositen für Medizinprodukte  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- POPPE, S., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Enzymatischer Schnellnachweis für GA-Rückstände auf flexiblen Endoskopen  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017

- KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Entwicklung erneuerbarer Soil-Release-Beschichtungen für wärmedämmende Fassadenmaterialien auf der Basis interpenetrierender Polymernetzwerke  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- FREY, S., BESCHNITT, S., KREDEL, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Erneuerbare Pflegebefilmung für elastische Bodenbeläge auf der Basis gegenionischer Polymer-Adsorber-Systeme  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- KOLBE, S., DUMSCH, I., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemische Synchronbestimmung von hygienerelevanten Mikroorganismen und Gesamtkeimzahl auf Oberflächen  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Fassadenreinigung auf der Basis segregierender Gelnetzwerke  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- KRIEG, M., BESCHNITT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Photoakustische Kontrolle der Befilmungsqualität  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- FRIEDRICH, T., KRIEG, M., SPROTT, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Nanoventil-Nanopartikel zur photoakustischen Bestimmung des Hygienestatus auf Oberflächen  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- FRIEDRICH, T., WAIDMANN, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Lichtinduzierte Be- und Entschichtung elastischer Bodenbeläge  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- WEHRL, M.  
Flächendesinfektion - Methoden zur Prozess- und Endkontrolle  
Sachverständigentagung im Gebäudereinigerhandwerk, Düsseldorf, November 2016
- WEHRL, M.  
Feldstudie zum Restproteingehalt auf Endoskop-Prüfkörpern nach Anlage 8  
DGSV-Kongress, Fulda, Oktober 2016
- SZILLAT, F.  
Entwicklung eines biokatalytischen Farbindikatorsystems zur Prozesskontrolle der Desinfektion in gewerblichen Geschirrspülmaschinen  
BMW-Innovationstag, Berlin, Juni 2016
- WEHRL, M.  
Entwicklung eines neuartigen Niedertemperatur-Sterilisationsverfahrens auf der Basis von überkritischem Kohlendioxid und von kompatiblen Nanokompositen für Medizinprodukte  
BMW-Innovationstag, Berlin, Juni 2016

- WEHRL, M.  
Landesweite Feldstudie zur Untersuchung der Restproteingehalte auf Prüfkörpern nach Anlage 8 der Leitlinie bei der Leistungsqualifikation von RDG-E-Prozessen DGKH-Kongress, Berlin, April 2016
- WEHRL, M., ACHTEN, A.  
Prozesskontrolle 2.0: Neue Methode zur routinemäßigen Überprüfung der Gesamtprozessleistung von Reinigungs-Desinfektionsverfahren für thermolabile Medizinprodukte  
DGKH-Kongress, Berlin, April 2016
- SZILLAT, F.  
Entwicklung eines wasserbasierten Reinigungsverfahrens für Druckmaschinengehäuse  
BMW-Innovationstag, Berlin, Juni 2016
- SZILLAT, F., INFED, N., HLOCH, H.G., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
DIETZEL, S., Fogra Forschungsgesellschaft Druck, München  
Ersatz organischer Lösungsmittel durch Einsatz eines Soil-Release Polymernetzwerks  
80. Jahrestagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Regensburg, März 2016
- WEHRL, M.  
Reinigung/Desinfektion/Sterilisation von aufbereitbaren Medizinprodukten und Implantaten – Hochkomprimiertes CO<sub>2</sub> als "multi-purpose" Prozessmedium  
36. LifeScienceNet-Meeting auf der Medica 2015, Düsseldorf, November 2015
- WEHRL, M., GEBEL, J.  
Entwicklung von Methoden zur vergleichenden Beurteilung von Instrumentenreinigern  
36. LifeScienceNet-Meeting auf der Medica 2015, Düsseldorf, November 2015
- HOUBEN, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Prozesskontrolle 2.0: Neue Verfahren zur Überprüfung von Reinigung  
36. LifeScienceNet-Meeting auf der Medica 2015, Düsseldorf, November 2015
- CASPER, P.  
Neue Verfahren und Reinigungstechniken - Was gibt es »morgen« zu automatisieren?  
Technologieforum „Automatisierte Gebäudereinigung“, Stuttgart, 2015
- CASPER, P.  
Arbeitskreise und Veranstaltungen  
FRT-Mitgliederversammlung, Krefeld, 2015
- CASPER, P.  
Mitarbeit bei der Normung und Erstellung von BG-Schriften  
FRT-Mitgliederversammlung, Krefeld, 2015

- HEINTZ, M.  
Hygienezertifizierung für Gebäudereiniger – eine Chance oder ein Problem?  
FRT-Mitgliederversammlung, Krefeld, 2015
- WEHRL, M.  
Prüfkörper (PCD), für flexible Endoskope – Wo stehen wir und wo werden wir uns hin entwickeln?  
16<sup>th</sup> World Sterilization Congress of World Federation For Hospital Sterilisation Sciences (WFHSS), & Annual Conference of AFS, Lille, Frankreich, Oktober 2015
- WEHRL, M., OVERLÖPER, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Schnellnachweis von MRSA auf Oberflächen  
Workshop "Biologische Fassadenreinigung", Amtliche Materialprüfungsanstalt Bremen, September 2015
- MARTEN, G., KOLBE, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemische Synchronbestimmung von hygienerelevanten Mikroorganismen und Gesamtkeimzahl auf Oberflächen  
Cleaning-Management-Services (CMS), Berlin, 22. - 25. September 2015
- KOLBE, S., POPPE, S., STRINITZ, F., GERLACH, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygiene-„App“ für elastische Bodenbeläge: Erneuerbare antimikrobielle Peptid-Primersysteme  
Cleaning-Management-Services (CMS), Berlin, 22. - 25. September 2015
- WEHRL, M., OVERLÖPER, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Schnellnachweis von MRSA auf Oberflächen  
Workshop "Assessment and monitoring of textile hygiene", Centexbel, Grace-Hollogne, Belgien, September 2015
- WEHRL, M., HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines neuartigen Niedertemperatur-Sterilisationsverfahrens auf der Basis von überkritischem Kohlendioxid und von kompatiblen Nanokompositen für Medizinprodukte  
Workshop "Biologische Fassadenreinigung", Amtliche Materialprüfungsanstalt Bremen, September 2015
- WEHRL, M., HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines neuartigen Niedertemperatur-Sterilisationsverfahrens auf der Basis von überkritischem Kohlendioxid und von kompatiblen Nanokompositen für Medizinprodukte  
Workshop "Assessment and monitoring of textile hygiene", Centexbel, Grace-Hollogne, Belgien, September 2015
- WEHRL, M., SCHNEIDER, R., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Prozesskontrolle der Flächendesinfektion auf der Basis funktionalisierter Proteoliposomen  
Workshop "Biologische Fassadenreinigung", Amtliche Materialprüfungsanstalt Bremen, September 2015

- WEHRL, M., SCHNEIDER, R., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Prozesskontrolle der Flächendesinfektion auf der Basis funktionalisierter Proteoliposomen  
Workshop "Assessment and monitoring of textile hygiene", Centexbel, Grace-Hollogne, Belgien, September 2015
- WEHRL, M., MARTEN, G., KOLBE, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemische Synchronbestimmung von hygienerelevanten Mikroorganismen und Gesamtkeimzahl auf Oberflächen  
Workshop "Biologische Fassadenreinigung", Amtliche Materialprüfungsanstalt Bremen, September 2015
- WEHRL, M., MARTEN, G., KOLBE, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemische Synchronbestimmung von hygienerelevanten Mikroorganismen und Gesamtkeimzahl auf Oberflächen  
Workshop "Assessment and monitoring of textile hygiene", Centexbel, Grace-Hollogne, Belgien, September 2015
- WEHRL, M., KOLBE, S., POPPE, S., STRINITZ, F., GERLACH, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygiene-„App“ für elastische Bodenbeläge: Erneuerbare antimikrobielle Peptid-Primersysteme  
Workshop "Biologische Fassadenreinigung", Amtliche Materialprüfungsanstalt Bremen, September 2015
- WEHRL, M., KOLBE, S., POPPE, S., STRINITZ, F., GERLACH, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygiene-„App“ für elastische Bodenbeläge: Erneuerbare antimikrobielle Peptid-Primersysteme  
Workshop "Assessment and monitoring of textile hygiene", Centexbel, Grace-Hollogne, Belgien, September 2015
- BERNHARDT, A., WEHRL, M., HOCHMUTH, T., HOYER, B., SCHÜTZ, K., GELINSKY, M.  
Verbesserte Sterilisation von empfindlichen Biomaterialien mit überkritischem Kohlendioxid bei niedrigen Temperaturen  
Tissue Engineering and Regenerative Medicine International Society (TERMIS), – EU Meeting, Genova, Italien, Juni 2014
- HOUBEN, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines enzymatischen Prüfkörpers zur Routinekontrolle der Gesamtprozessleistung bei der Aufbereitung von flexiblen Endoskopen  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- WEHRL, M., BOHNEN, J.  
NT-Sterilisationsverfahren auf der Basis von SCCO<sub>2</sub> für bioresorbierbare Implantate  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015

- OVERLÖPER, A., STEC, E., BOHNEN, J.  
Entwicklung thermisch schaltbarer Dosiersysteme für einen LAMP-Schnellnachweis von MRSA  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- FRIEDRICH, T., MACIOLLEK, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Optochemische Pflegebefilmungen zur Kontrolle der Oberflächenbenetzung bei Reinigungs- und Desinfektionsprozessen  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- HOUBEN, A., SCHLEBUSCH, M., RIGBERS, O., WEHRL, M.  
Entwicklung eines biokatalytischen Farbindikatorsystems zur Prozesskontrolle der Desinfektion in gewerblichen Geschirrspülmaschinen  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- KÜKREK, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Erneuerbare Pflegebefilmung für elastische Bodenbeläge auf der Basis gegenionischer Polymer-Adsorber-Systeme  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- MARTEN, G., KOLBE, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemische Synchronbestimmung von hygienerlevanten Mikroorganismen und Gesamtkeimzahl auf Oberflächen  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- LAUFS, S., HLOCH, H.G., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
ROMSTEDT, D., FILK, Freiberg  
Trockenentschichtung elastischer Bodenbeläge mit nicht thermischen Atmosphärendruckplasmen  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- SZILLAT, F., INFED, N., HLOCH, H.G., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
DIETZEL, S., Fogra Forschungsgesellschaft Druck, München  
Wasserbasiertes Reinigungsverfahren für Druckmaschinengehäuse  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., WEHRL, M., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
LASKE, S., GALLAUN, U., Montanuniversität, Leoben  
Neuartiges Niedertemperatur-Sterilisationsverfahren auf der Basis von überkritischem Kohlendioxid und von kompatiblen Nanokompositen für Medizinprodukte  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- FRIEDRICH, T., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Technologie-Kompetenz-Verbund Funktionale Oberflächen  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- CASPER, P., SCHULZ, T., SPORENBERG, N., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Verfahren zur Verbesserung der Reinigung und Hygiene textiler Bodenbeläge auf der Basis von Kohlendioxid-Clathraten  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015

- STEC, E., KOLBE, S., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Sachgerechte Schnelltests für Reinigungsdienstleister zum Nachweis von Reinheit und Hygiene in Reinnräumen  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- CASPER, P., NEUMANN-SCHMIDT, T., BOHNEN, J.  
Verfahren zur Reinigung industrieller Teile auf der Basis von Stoßwellen und ionischen Flüssigkeiten in komprimiertem Kohlendioxid  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- SPETTMANN, D., EHLIG, B., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Erneuerbare impermeable Polymerbefilmungen für elastische Bodenbeläge mit Barrierefunktion gegen permeative Schmutzkomponenten  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- WEHRL, M.  
Stand der Technik der deutschen Arbeitsgruppe zur Reinigung von Da-Vinci-Instrumenten  
Central Sterilising Club Annual Scientific Meeting, Chepstow, UK, April 2015
- HOUBEN, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines enzymatischen Prüfkörpers zur Routinekontrolle der Gesamtprozessleistung bei der Aufbereitung von flexiblen  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- WEHRL, M., BOHNEN, J.  
NT-Sterilisationsverfahren auf der Basis von SCCO<sub>2</sub> für bioresorbierbare  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- HEINTZ, M., BOHNEN, J.  
Aufbereitung von Reinigungstextilien – effizient und hygienisch sicher  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- HOUBEN, A., SCHLEBUSCH, M., RIGBERS, O., WEHRL, M.  
Entwicklung eines biokatalytischen Farbindikatorsystems zur Prozesskontrolle der Desinfektion in gewerblichen Geschirrspülmaschinen  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- KÜKREK, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Erneuerbare Pflegebefilmung für elastische Bodenbeläge auf der Basis gegenionischer Polymer-Adsorber-Systeme  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- MARTEN, G., KOLBE, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemische Synchronbestimmung von hygiene relevanten Mikroorganismen und Gesamtkeimzahl auf Oberflächen  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- LAUFS, S., HLOCH, H.G., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
ROMSTEDT, D., FILK, Freiberg  
Trockenentschichtung elastischer Bodenbeläge mit nicht thermischen Atmosphärendruckplasmen  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015

- SZILLAT, F., INFED, N., HLOCH, H.G., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
DIETZEL, S., Fogra Forschungsgesellschaft Druck, München  
Wasserbasiertes Reinigungsverfahren für Druckmaschinengehäuse  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., WEHRL, M., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
LASKE, S., GALLAUN, U., Montanuniversität, Leoben  
Neuartiges Niedertemperatur-Sterilisationsverfahren auf der Basis von  
überkritischem Kohlendioxid und von kompatiblen Nanokompositen für Me-  
dizinprodukte  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- FRIEDRICH, T., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Technologie-Kompetenz-Verbund Funktionale Oberflächen  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Erneuerbare Soil-Release-Beschichtungen für wärmedämmende Fassade-  
materialien auf der Basis interpenetrierender Polymernetzwerke  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- CASPER, P., SCHULZ, T., SPORENBERG, N., MAGGAKIS-KELEMEN,  
C., BOHNEN, J.  
Verfahren zur Verbesserung der Reinigung und Hygiene textiler Bodenbe-  
läge auf der Basis von Kohlendioxid-Clathraten  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- STEC, E., KOLBE, S., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Sachgerechte Schnelltests für Reinigungsdienstleister zum Nachweis von  
Reinheit und Hygiene in Reinnräumen  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- CASPER, P., NEUMANN-SCHMIDT, T., BOHNEN, J.  
Verfahren zur Reinigung industrieller Teile auf der Basis von Stoßwellen  
und ionischen Flüssigkeiten in komprimiertem Kohlendioxid  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- SPETTMANN, D., EHLIG, B., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Erneuerbare impermeable Polymerbefilmungen für elastische Bodenbe-  
läge mit Barrierefunktion gegen permeative Schmutzkomponenten  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- WEHRL, M., SCHLEBUSCH, M., HOUBEN, A., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines biokatalytischen Farbindikatorsystems zur Prozesskon-  
trolle der Desinfektion in gewerblichen Geschirrspülmaschinen  
DGKH-Kongress Berlin, Workshop Gewerbliches Spülen, 2014
- WEHRL, M.  
Methode zur quantitativen Bestimmung von Proteinrückständen auf Robo-  
tikinstrumenten "DaVinci-Instrumenten"  
Miele Infotag „Instrumentenaufbereitung“, Wals bei Salzburg, 2014
- WEHRL, M.  
Hygiene und Aufbereitung von Medizinprodukten  
DWI Aachen, Aachen, 2014

- WEHRL, M., HOCHMUTH, T., BERNHARDT, A., HOYER, B., GELINSKY, M.  
Entwicklung neuartiger bioresorbierbarer Implantatmaterialien sowie kompatibler Sterilisationsverfahren  
DGKH-Kongress, Berlin, 2014
- WEHRL, M. im Namen der Leitliniengruppe RDG-E  
Leitlinie für die Validierung maschineller Reinigungs- und Desinfektionsprozesse zur Aufbereitung flexibler Endoskope  
DGKH-Kongress, Berlin, 2014
- WEHRL, M., SCHLEBUSCH, M., HOUBEN, A., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines biokatalytischen Farbindikatorsystems zur Prozesskontrolle der Desinfektion in gewerblichen Geschirrspülmaschinen  
DGKH-Kongress, Berlin, 2014
- WEHRL, M., MICHELS, W.  
Methode zur Prüfung der Reinigung von Robotik-Instrumenten  
DGKH-Kongress, Berlin, 2014
- WEHRL, M., HOCHMUTH, T., BERNHARDT, A., PAUL, B., GELINSKY, M.  
Entwicklung eines neuen Sterilisationsverfahrens auf der Basis von DPCO<sub>2</sub> und von neuen bioresorbierbaren Implantatmaterialien  
5. Dresdner Medizintechnik Symposium, Dresden, 2014
- HLOCH, H.G.  
Teilprojekt „Easy-to-clean/Reinigungs- und Hygienetechnologie  
Sitzung Projekt-begleitender Ausschuss Technologie Kompetenz Verbund Funktionale Oberflächen, Krefeld, 2014
- CASPER, P.  
Was die Zukunft bringt - Neue Verfahren und Reinigungstechniken  
Zukunftsforum Gebäudedienste, Stuttgart, 2014
- BOHNEN, J.  
Forschung & Praxis – ein starkes Team  
Mitgliederversammlung der Europäischen Forschungsgemeinschaft Reinigungs- und Hygienetechnologie e.V. (FRT), Weinheim, 2013
- HLOCH, H.G.  
Funktionale Oberflächen - Reinigungs- und Hygienetechnologien  
78. Lacktagung, Schwäbisch Gmünd, 2013
- HLOCH, H.G.  
Hygiene- und Reinigungstechnologien im Verbundprojekt Funktionale Oberflächen  
3. Branchentag Oberflächentechnologie, NRW Netzwerk Oberfläche, Neuss, 2012
- MAGGAKIS-KELEMEN, C., SPORENBERG, N., BOHNEN, J.  
Reinigung und Desinfektion in Niedrigtemperaturbereichen der Lebensmittelindustrie FRT-Mitgliederversammlung, Weinheim, November 2013
- CASPER, P.  
Aktivitäten in Bezug auf Normung und Erstellung von BG-Informationen  
FRT-Mitgliederversammlung, Weinheim, 2013

- WEHRL, M. BOHNEN, J.  
Die Bedeutung der Oberflächenbeschichtungen hinsichtlich Reinigung und Sicherstellung der Hygiene.  
Workshop "Antimicrobial Coatings", Maastricht, NL, June 2013
- HEINTZ, M.  
Methoden zur Überprüfung der Reinigungswirkung bei der Aufbereitung von Robotik-Instrumenten  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- HEINTZ, M.  
Hygieneaspekte bei Aufbereitung und Nutzung von Reinigungstextilien  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- CASPER, P.  
FRT-Arbeitskreise / FRT-Workgroups  
FRT-Mitgliederversammlung, Weinheim, 2013
- CASPER, P., NEUMANN-SCHMIDT, T., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines Verfahrens zur Reinigung industrieller Teile auf der Basis von Stoßwellen und ionischen Flüssigkeiten in komprimiertem Kohlendioxid  
FRT-Mitgliederversammlung, Weinheim, 2013
- KOLBE, S.  
Entwicklung sachgerechter Schnelltests für Reinigungsdienstleister zum Nachweis von Reinheit und Hygiene in Reinräumen  
CORNET Monitoring Meeting, Wien, 2013
- MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Reinigungsverfahren für stark adhäsive industrielle Verschmutzungen auf der Basis thixotroper Soil-release-Gele  
20. AiF-Innovationstag, Berlin, 2013
- BOHNEN, J.  
Cross-sectional cleaning and hygiene technology  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Projekte im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM)  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- WEHRL, M., BOHNEN, J. (wfk), KARAGÜLER, N. G., (Istanbul Technical University)  
Neue Hygienedienstleistungen für die Reinigung und Aufbereitung von Medizinprodukten durch Verwendung von flüssigem Kohlendioxid und extremophilen Enzymen  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013

- WEHRL, M., HOUBEN, A., BOHNEN, J.  
Einfaches und schnelles Verfahren zur Routineprüfung der Reinigungs- und Desinfektionswirkung bei der Aufbereitung thermolabiler Medizinprodukte  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Neues Reinigungsverfahren für stark adhäsive industrielle Verschmutzungen auf der Basis thixotroper Soil-Release-Gele  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- FRIEDRICH, T., SCHULZ, T., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Erneuerbare Soil-Release-Beschichtungen für wärmedämmende Fassadenmaterialien auf der Basis interpenetrierender Polymernetzwerke  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- SCHULZ, T., WEHRL, M., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J. (wfk), KNOSPE, A., BUSKE, C., (Plasmatreat)  
Sterilisation thermolabiler flexibler Endoskope mittels Atmosphärendruck-Plasma  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- CASPER, P., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Erneuerbare trittsichere Pflegebefilmungen für keramische Bodenbeläge in nass belasteten Barfußbereichen sowie eines mobilen Verfahrens zur Bestimmung der Trittsicherheit  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J. (wfk), LANGER, M. (FILK), JOHNIK, C., (LLT)  
Selbst begrenzender Prozess zur Laserstrahlentschichtung temporärer Pflegebefilmungen von elastischen Bodenbelägen  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Funktionale Oberflächen - Reinigungs- und Hygienetechnologien  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- KOLBE, S., BOHNEN, J. (wfk), FIJAN, S., SOSTAR TURK, S., ROZMAN, U. (University of Maribor)  
Schnellmethoden zur Bestimmung der Oberflächenreinheit in Reinräumen  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- HEINTZ, M., BOHNEN, J.  
Methoden zur Überprüfung der Reinigungswirkung bei der Aufbereitung von Robotik-Instrumenten  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Entwicklung innovativer NT-Verfahren zur Sterilisation bioresorbierbarer Implantate auf der Basis von DPCO<sub>2</sub>  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013

- WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Entwicklung und Etablierung von Prüfkörpermodellen für die Qualifizierung von Aufbereitungsprozessen für thermolabile flexible Endoskope  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- SCHULZ, T., CASPER, P., SPORENBERG, N., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Reinigung und Hygiene textiler Bodenbeläge mittels CO<sub>2</sub>-Clathraten  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference  
Düsseldorf, 2013
- KOLBE, S., HILGENBERG, B., HOUBEN, A., BOHNEN, J.  
Schnelltest zur Prozesskontrolle der Desinfektion  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- HEINTZ, M.  
Hygieneaspekte bei Aufbereitung und Nutzung von Reinigungstextilien  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- SPORENBERG, N., FRIEDRICH, T., SEYFARTH, K., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Reinigung und Desinfektion in Niedrigtemperaturbereichen der Lebensmittelindustrie  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- CASPER, P., NEUMANN-SCHMIDT, T., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Reinigung industrieller Teile auf der Basis von Stoßwellen und ionischen Flüssigkeiten in komprimiertem Kohlendioxid  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- MAGGAKIS-KELEMEN, C., SIEVERT, S., BOHNEN, J.  
Lumineszierende Pflegebefilmungen mit integrierter Funktionalisierung zur Schnellbestimmung der Befilmungsqualität  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- SPETTMANN, D., EHLIG, B., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Erneuerbare impermeable Polymerbefilmungen für elastische Bodenbeläge mit Barrierefunktion gegen permeative Schmutzkomponenten  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Erneuerbare Soil-Release-Beschichtung von Lackieranlagen  
Fachtagung der SEPAWA-Fachgruppe „Professionelle Reinigung und Pflege“, Rapperswil/Schweiz, 2013

## Veröffentlichungen

- WEBER, H., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bioinspirierte, bioabbaubare Polyurethan-Beschichtungen – Bodenbelag und Umwelt schützen  
rationell reinigen 10 (2024), 62-63
- SCHABLITZKI, T., NEUMANN-SCHMIDT, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Trockeneisstrahlverfahren zur wasserfreien, hygienischen Geschirreinigung  
wfk news 5 (2024), 6-8
- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Plasmaaktivierte Eispartikel zur Fassadenreinigung und -desinfektion  
wfk news 5 (2024), 3-5
- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Plasmaaktivierte Eispartikel zur Fassadenreinigung und -desinfektion  
FRT Information 3 (2024), 3-5
- BEDNARZICK, U., HEUVEL, F., SCHMIDT, A.-C., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
AIE-aktive Photosensibilisatoren zum Monitoring und zur Minimierung der mikrobiellen Kontaminationen im Feuchtmittelkreislauf  
FRT Information 3 (2024), 9-11
- SCHABLITZKI, T., NEUMANN-SCHMIDT, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Trockeneisstrahlverfahren zur wasserfreien, hygienischen Geschirreinigung  
FRT Information 3 (2024), 6-8
- CASPER, P., WILHELM, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Spezialenzyme zum Abbau von Kohlenwasserstoffen – Verfrühstückt - ölfressende Bakterien  
rationell reinigen 9 (2024), 52-53
- WILHELM, S., CASPER, P., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biologischer Abbau speziell designter Polyacrylate  
wfk news 4 (2024), 9-11
- CASPER, P., WILHELM, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Spezialenzyme zum Abbau von Kohlenwasserstoffen – und deren beispielhafte Anwendung in Wasch- und Reinigungsverfahren  
wfk news 4 (2024), 6-8
- WILHELM, S., CASPER, P., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biologischer Abbau speziell designter Polyacrylate – Sollbruchstellen in der Pflegedispersion  
rationell reinigen 7 (2024), 38-39

- WEBER, H., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Aus der Natur für die Natur: Bioinspirierte Polyurethan-Beschichtungen und deren Anwendung auf elastischen Bodenbelägen  
wfk news 3 (2024), 6-8
- TASKIN, H., NEUMANN-SCHMIDT, T., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Textile Beläge akustomechanisch reinigen – Metallische Garne und Stoßwellen  
rationell reinigen 5 (2024), 48-49
- BEDNARZICK, U., HEUVEL, F., SCHMIDT, A.-C., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Mikrobielle Kontaminationen im Feuchtmittelkreislauf – Wenn es leuchtet, Licht an  
rationell reinigen 4 (2024), 62-63
- FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., KREDEL, A., BOHNEN, J.  
Nachhaltige Oberflächenhygiene durch antimikrobielle Self-Assembling-Systeme  
wfk news 2 (2024), 9-11
- FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., KREDEL, A., BOHNEN, J.  
Nachhaltige Oberflächenhygiene durch antimikrobielle Self-Assembling-Systeme  
FRT Information 2 (2024), 6-8
- WEBER, H., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Aus der Natur für die Natur: Bioinspirierte Polyurethan-Beschichtungen und deren Anwendung auf elastischen Bodenbelägen  
FRT Information 2 (2024), 6-8
- CASPER, P., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Spezialenzyme zum Abbau von Kohlenwasserstoffen – und deren beispielhafte Anwendung in Wasch- und Reinigungsverfahren  
FRT Information 2 (2024), 3-5
- TULINSKI M., WEHRL M., BOHNEN J.  
At site-Quantifizierung von Fibrinrückständen auf medizinischen Instrumenten - Ob wirklich nichts dran klebt, seht Ihr, wenn kein Licht angeht  
rationell reinigen 3 (2024), 48-49
- TULINSKI M., WEHRL M., BOHNEN J.  
At site-Quantifizierung von Fibrinrückständen auf medizinischen Instrumenten  
FRT Information 1 (2024), 3-5
- HEUVEL, F., HERMSEN, A., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Pflegebefilmungen zur automatisierten Ermittlung der Befilmungsqualität - Kleine Teilchen, große Wirkung  
rationell reinigen 2 (2024), 52-53

- SCHABLITZKI, T., WILHELM, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Bioimpedimetrisches Monitoring von Desinfektionsprozessen – Keime polarisieren  
rationell reinigen 1 (2024), 48-49
- ERKELENZ, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Immobilisierbare Scorpion Primer zum Nachweis viraler Erreger – Wenn der Skorpion dem Virus das Licht anmacht  
rationell reinigen 12 (2023), 37-39
- BEDNARZICK, U., HEUVEL, F., SCHMIDT, A.-C., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
AIE-aktive Photosensibilisatoren zum Monitoring und zur Minimierung der mikrobiellen Kontaminationen im Feuchtmittelkreislauf  
wfk news 6 (2023), 3-5
- SCHMIDT, A., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bioinspirierte Befilmungen Gegen Krankenhauserreger  
rationell reinigen 10 (2023), 50-51
- ERKELENZ, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Immobilisierbare Scorpion Primer zum Nachweis viraler Erreger  
wfk-news 5 (2023), 9-11
- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Entwicklung von Filtern gegen Kunststoffemissionen – Ein Käfig voller Mikroplastik  
rationell reinigen 9 (2023), 78-79
- TULINSKI M., WEHRL M., BOHNEN J.  
Catch-Sweep-Fluoreszenzindikator zum kontinuierlichen Monitoring des mikrobiellen Zustands von Tuchspendersystemen  
CMS, Berlin, September 2023
- TULINSKI M., WEHRL M., BOHNEN J.  
At site-Quantifizierung von Fibrinrückständen auf medizinischen Instrumenten  
CMS, Berlin, September 2023
- SCHMIDT, A., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Nachhaltige Hygiene -Peptidmimetika  
FRT information 3 (2023), 6-8
- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Dielektrophoretische Filter zur Partikelseparation und deren beispielhafte Anwendung zur Entfernung von Mikroplastik aus in der Reinigungsbranche anfallenden Abwässern  
FRT Information 3 (2023), 3-5
- WEBER, H., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bioinspirierte Polyurethan-Beschichtungen  
wfk-news 4 (2023), 9-11

- TASKIN, H., NEUMANN-SCHMIDT, T., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Akustomechanische Reinigung textiler Bodenbeläge auf Basis metallischer Helixgarne  
FRT Information 3 (2023), 9-11
- SCHMIDT, A., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Nachhaltige Hygiene -Peptidmimetika  
FRT information 3 (2023), 6-8
- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Dielektrophoretische Filter zur Partikelseparation und deren beispielhafte Anwendung zur Entfernung von Mikroplastik aus in der Reinigungsbranche anfallenden Abwässern  
FRT Information 3 (2023), 3-5
- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Entwicklung von Filtern gegen Kunststoffemissionen – Ein Käfig voller Mikroplastik  
rationell reinigen 9 (2023), 78-79
- PAULHEIM, HEUVEL, F., A., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Inverse Streamer-Corona-Entladung zur Trockendesinfektion textiler Bodenbeläge mit Elektrodenflor  
Flyer, CMS Berlin, 2023
- WEBER, H., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bioinspirierte Polyurethan-Beschichtungen  
wfk-news 4 (2023), 9-11
- TASKIN, H., SPETTMANN, D., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Rutschhemmung und Künstliche Intelligenz  
wfk-news 4 (2023), 6-8
- WILHELM, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biologischer Abbau speziell designter Polyacrylate  
wfk-news 3 (2023), 9-11
- BEDNARZICK, U., SCHMIDT, A.-C., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hydrochrome Tensidsysteme zur Kontrolle der Oberflächenbenetzung bei Reinigungs- und Desinfektionsprozessen  
wfk-news 3 (2023), 6-8
- PIEPER, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Thermosolubilisierbare Hydrophobierungssysteme  
wfk-news 3 (2023), 3-5
- TASKIN, H., SPETTMANN, D., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Rutschhemmung und Künstliche Intelligenz  
FRT Information 2 (2023), 6-8

- WEBER, H., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bioinspirierte Polyurethan-Beschichtungen  
FRT information 2 (2023), 3-5
- ANTOVIC, D., WEBER, H., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bioinspirierte Polyurethan-Beschichtungen - Aus der Natur für die Natur  
rationell reinigen 6 (2023), 38-40
- TASKIN, H., SPETTMANN, D., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Rutschhemmung und Künstliche Intelligenz - Ein neuer Ansatz zur Prävention von Ausrutschunfällen  
rationell reinigen 5 (2023), 50-51
- SCHMIDT, A.-C., BEDNARZICK, U., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Visuelle Kontrolle der Oberflächenbenetzung  
rationell reinigen 4 (2023), 56-57
- SAEBELFELD, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Fluoreszenzquantifizierung bakterieller Endosporen  
wfk-news 2 (2023), 3-5
- FRIEDRICH, T., PIEPER, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., BOHNEN, J.  
Beschichtungen für Wärmeverbundsysteme- Fassadenschutz mit Temperaturschalter  
rationell reinigen 3 (2023), 46-47
- PIEPER, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Thermosolubilisierbare Hydrophobierungssysteme  
FRT information 1 (2023), 9-12
- SCHMIDT, A., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hydrochrome Tensidsysteme zur Kontrolle der Oberflächenbenetzung bei Reinigung und Desinfektionsprozessen  
FRT information 1 (2023), 6-8
- HINTZMANN, M., SCHMIDT, A., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bioinspirierte Befilmungen zur Verbesserung der Hygienesicherheit  
wfk-news 1 (2023), 9-11
- PIEPER, F., SCHMIDT, A., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Brilliant Sauberkeit durch Nanokristalle  
WRP 2 (2023), 44
- SCHMIDT, A., PIEPER, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Soil-Release-Beschichtung für textile Bodenbeläge auf der Basis dirigiert-funktionaler Nanocellulose  
wfk-news 1 (2023), 6-8

- FRIEDRICH, T., KNOP, J., HINZMANN, M., SPETTMANN, D., KREDEL, A., BOHNEN, J.  
Hygiene im Gesundheitswesen und in Wellnessbereichen - Twist and shine  
rationell reinigen 1 (2023), 43
- PIEPER, F., SCHMIDT, A., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Brilliante Sauberkeit durch Nanokristalle  
WRP 1 (2023), 44
- KARSTENS, R., NEUMANN-SCHMIDT, T., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Reinigung textile Bodenbeläge mit Helixgarnen  
WRP 12 (2022), 56-57
- PIEPER, F., SCHMIDT, A., D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Soil-Release-Beschichtung für textile Bodenbeläge: Brilliant mit kleinen Kristallen  
rationell reinigen 12 (2022), 51
- KABBECK, T., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
At site-Quantifizierung von Fibrinrückständen auf medizinischen Instrumenten  
wfk-news 6 (2022), 9-11
- KNOP, J., HINTZMANN, M., D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygiene im Gesundheitswesen und in Wellnessbereichen: Mikrobiologische Wasserqualität überwachen  
wfk-news 6 (2022), 3-5
- PIEPER, F., SCHMIDT, A., D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Soil-Release-Beschichtung für textile Bodenbeläge auf der Basis dirigiert-funktionaler Nanocellulose  
FRT information 4 (2022), 9-11
- KNOP, J., HINTZMANN, M., D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygiene im Gesundheitswesen und in Wellnessbereichen: Mikrobiologische Wasserqualität überwachen  
FRT information 4 (2022), 3-5
- WILHELM, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biologischer Abbau speziell designer Polyacrylate  
FRT Information 4 (2022), 6-8
- SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biologischer Abbau speziell designer Polyacrylate – Schwer verdaulich? Denkste!  
rationell reinigen 11 (2022), 44-45

- KOCH, D., ANTOVIC, D., HINZMANN, M., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Dynamisch vernetzte Pflegebefilmungen für elastische Bodenbeläge  
wfk-news 5 (2022), 9-11
- SCHABLITZKI, T., WILHELM, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Bioimpedimetrisches Monitoring von Desinfektionsprozessen mittels polarisierbarer Membranmodelle  
wfk-news 5 (2022), 6-8
- KABBECK, T., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Reinigungskontrolle bei medizinischen Instrumenten - Wenn Eiweiß nicht das Gelbe vom Ei ist  
rationell reinigen 10 (2022), 48-51
- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Elektronischer Performance-indikator für gewerbliche Geschirrspülmaschinen  
FRT information 3 (2022), 9-11
- HINZMANN, M., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bioinspirierte Befilmungen zur Verbesserung der Hygienesicherheit  
FRT information 3 (2022), 6-8
- KABBECK, T., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
At site-Quantifizierung von Fibrinrückständen auf medizinischen Instrumenten  
FRT information 3 (2022), 3-5
- HINZMANN, M., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Nachhaltige Hygiene für elastische Bodenbeläge - Bioinspirierte Befilmungen  
rationell reinigen 9 (2022), 20-21
- OBERLEITNER, L., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Catch-Sweep-Fluoreszenzindikator zum kontinuierlichen Monitoring des mikrobiellen Zustands von Tuchspendersystemen  
wfk-news 3 (2022), 9-11
- OBERLEITNER, L., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Monitoring des mikrobiellen Zustands von Tuchspendersystemen - Hasch mich - ich bin der Keim  
rationell reinigen 8 (2022), 40-41
- KABBECK, T., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Duplex-Amplifikationsverfahren zum in-situ-Schnellnachweis hygiene-relevanter Keime auf flexiblen Endoskopen  
FRT information 2 (2022), 9-11
- MEESEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Konvergenz-Amplifikation und Fluoroswitch-Detektion zum Nachweis hygiene-relevanter ESKAPE-Erreger  
FRT information 2 (2022), 6-8

- OBERLEITNER, L., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Catch-Sweep-Fluoreszenzindikator zum kontinuierlichen Monitoring des mikrobiellen Zustands von Tuchspendersystemen  
FRT information 2 (2022), 3-5
- RITTERSKAMP, N., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Automatisierte Ermittlung der Befilmungsqualität - Kleine Teilchen, große Wirkung  
rationell reinigen 5 (2022), 62-63
- RITTERSKAMP, N., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Magnetosensitive Pflegebefilmungen für elastische Bodenbeläge zur automatisierten, prozessintegrierten Ermittlung der Befilmungsqualität  
wfk-news 2 (2022), 9-11
- MEESEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Konvergenz-Amplifikation und Fluoroswitch-Detektion zum Nachweis hygiene-relevanter ESKAPE-Erreger  
wfk-news 2 (2022), 6-8
- KARSTENS, R., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Akustomechanische Reinigung textiler Bodenbeläge auf Basis metallischer Helixgarne  
wfk-news 2 (2022), 3-5
- KARSTENS, R., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Akustomechanische Reinigung textiler Bodenbeläge - Den Schmutz aus dem Teppich stoßen  
rationell reinigen 4 (2022), 48-51
- KOCH, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Dynamisch vernetzte Pflegebefilmungen für elastische Bodenbeläge  
FRT information 1 (2022), 9-11
- RITTERSKAMP, N., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Magnetosensitive Pflegebefilmungen für elastische Bodenbeläge zur automatisierten, prozessintegrierten Ermittlung der Befilmungsqualität  
FRT information 1 (2022), 6-8
- KARSTENS, R., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Akustomechanische Reinigung textiler Bodenbeläge auf Basis metallischer Helixgarne  
FRT information 1 (2022), 3-5
- WOLF, N., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Nachweis viraler Erreger mit Scorpion Primern - Gestochen scharf abgebildet  
rationell reinigen 3 (2022), 54-55
- SCHNEE, M., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Künstliche Intelligenz zur Bestimmung der Rutschhemmungsklasse verlegter elastischer Bodenbeläge  
wfk-news 1 (2022), 9-11

- KABBECK, T., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Duplex-Amplifikationsverfahren zum in-situ-Schnellnachweis hygiene-relevanter Keime auf flexiblen Endoskopen  
wfk-news 1 (2022), 6-8
- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Eigenmonitoring von Desinfektionsprozessen - Prozesshygiene mit Spannung verfolgt  
rationell reinigen 2 (2022), 46-47
- WOLF, N., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Niedrigenergetische Desinfektion - Mit „Plan A“ gegen Keime  
rationell reinigen 1 (2022), 40-41
- KLÜPPEL, A., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Pflegebefilmungen aus Flüssigmembran-separierten Komplementärphasen-Dispersionen  
wfk-news 6 (2021), 10-11
- REINDL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Fluoreszenzquantifizierung bakterieller Endosporen  
wfk-news 6 (2021), 6-9
- PAULHEIM, A., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Inverse Streamer-Corona-Entladung zur Trockendesinfektion textiler Bodenbeläge mit Elektrodenflor  
wfk-news 6 (2021), 3-5
- NYSAR, I., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Magnetostriktiver Snap Sensitizing-Sensor zur Kontrolle der mikrobiologischen Wasserqualität  
FRT information 4 (2021), 9-11
- REINDL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Immobilisierbare Scorpion Primer zum Nachweis viraler Erreger  
FRT information 4 (2021), 6-8
- ALEXOWSKY, C., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Bioimpedimetrisches Monitoring von Desinfektionsprozessen mittels polarisierbarer Membranmodelle  
FRT information 4 (2021), 3-5
- PIEPER, F., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Rückstandsfreie Reinigung textiler Bodenbeläge - Warm rein, kalt raus  
rationell reinigen 12 (2021), 38-39
- KOCH, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Pflegebefilmungen mit Selbstheilungskräften - Laufstraßen dynamisch begegnen  
rationell reinigen 11 (2021), 48-49
- CASPER, P., NEUMANN-SCHMIDT, T., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Plasmabasierte Trockenentschichtung elastischer Bodenbeläge  
wfk-news 5 (2021), 10-11

- PIEPER, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Stimulus-amphiphile Tensidsysteme zur Reinigung textiler Bodenbeläge  
wfk-news 5 (2021), 6-7
- REINDL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Immobilisierbare Scorpion Primer zum Nachweis viraler Erreger  
wfk-news 5 (2021), 3-5
- SCHNEE, M., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Rutschhemmung bestimmen - Mit Robo-Logik statt schiefer Ebene  
rationell reinigen 10 (2021), 58-59
- ENGELKE, A., ERENBURG, I., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
On-demand-Inaktivierung mikrobieller Kontaminationen im Feuchtmittel-  
kreislauf von Offset-Druckmaschinen mit 3D-gedruckten, biodegradierba-  
ren Hydrogelen  
FRT information 3 (2021), 9-11
- KLÜPPEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
pH-soziierte Pflegebefilmungen für elastische Bodenbeläge  
FRT information 3 (2021), 6-8
- ENGELKE, A., ERENBURG, I., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Biofouling in Offsetdruckmaschinen - Hydrogel gegen Mikrobielles Wachs-  
tum  
rationell reinigen 9 (2021), 68-69
- OSSIG, R., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Desinfektion und Desodorierung textiler Bodenbeläge mit plasmaaktivier-  
tem Wasserdampf bei der täglichen Unterhaltsreinigung  
wfk-news 4 (2021), 9-11
- NYSAR, I., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Magnetostriktiver Snap Sensitizing-Sensor zur Kontrolle der mikrobiologi-  
schen Wasserqualität  
wfk-news 4 (2021), 6-8
- WOLF, N., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Bewertung der Desinfektionsleistung bei katalytischer UVA-Behandlung  
schwach mikrobiell belasteter Wässer  
wfk-news 4 (2021), 3-5
- MEESEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Nachweis hygienerelevanter ESKAPE-Erreger - Ein clevere Flucht nach  
vorne  
rationell reinigen 7 (2021), 54-55
- ENGELKE, A., ERENBURG, I., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
On-demand-Inaktivierung mikrobieller Kontaminationen im Feuchtmittel-  
kreislauf von Offset-Druckmaschinen mit 3D-gedruckten, biodegradierba-  
ren Hydrogelen  
wfk-news 3 (2021), 6 - 8

- SCHNEE, M., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Künstliche Intelligenz zur Bestimmung der Rutschhemmungsklasse verlegter elastischer Bodenbeläge  
FRT info 2 (2021), 9-11
- REINDL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Fluoreszenzquantifizierung bakterieller Endosporen - Nachweis mit Signalverstärkung in Eigenregie  
rationell reinigen 6 (2021), 58-59
- PAULHEIM, A., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Trockendesinfektion und -desodorierung textiler Bodenbeläge mit Elektrodenflor - Potz Blitz! Die Keime sind weg!  
rationell reinigen 5 (2021), 60-61
- WEHRL, M.  
Einfluss des Elutionsmittels auf die Wiederfindungsrate von Mikroorganismen in Endoskop-Schlauchprüfkörpern  
CentralService 5 (2020), 272-277
- WEHRL, M.  
Einfluss des Elutionsmittels auf die Wiederfindungsrate von Mikroorganismen in Endoskop-Schlauchprüfkörpern  
Hygiene & Medizin 4 (2021), D44-D49
- ROEBEN, E., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Quasi-liquide Beschichtungssysteme für Fassaden: Poröse Materialien einfacher reinigen  
rationell reinigen 4 (2021), 60-61
- KLÜPPEL-HECK, A., STADTMÜLLER, C., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
pH-soziierte Pflegebefilmungen für elastische Bodenbeläge  
wfk-news 2 (2021), 9-11
- SCHMIDT, S., SCHLATTMANN, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Quantum Dot basierte Elektrochemolumineszenz zum Multiplex-Schnellnachweis von hygienerelevanten Keimen und Gesamtkeimzahl  
wfk-news 2 (2021), 6-8
- RIEDEL, R., DRENKOW, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
MRSA-Nachweis auf der Basis von Upconversion-Glasfasern: Gold für die Erkennung  
rationell reinigen 3 (2021), 54-55
- Pieper, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Stimulus-amphiphile Tensidsysteme zur Reinigung textiler Bodenbeläge  
FRT information 1 (2021), 10-11
- PAULHEIM, A., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Inverse Streamer-Corona Entladung zur Trockendesinfektion textiler Bodenbeläge mit Elektrodenflor  
FRT info 1 (2021), 3-5

- ROEBEN, E., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Quasi-liquide Beschichtungssysteme auf Basis trifunktionaler Polymere zur Generierung öl- und wasser- abweisender Oberflächen  
wfk-news 1 (2021), 9-11
- ROEBEN, E., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Neuartige Polyurethanvergütung für elastische Bodenbeläge: Einfache Sanierung  
rationell reinigen 2 (2021), 51
- KLÜPPEL-HECK, A., STADTMÜLLER, C., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Pflegebefilmungen für elastische Bodenbeläge: Nach dem Vorbild der Natur  
rationell reinigen 1 (2021), 48-49
- MEESEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Konvergenz-Amplifikation und Fluoroswitch-Detektion zum Nachweis hygiene-relevanter ESKAPE-Erreger  
FRT information 4 (2020), 9-11
- OSSIG, R., NEUMANN-SCHMIDT, T, HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Desinfektion und Desodorierung textiler Bodenbeläge mit plasmaaktiviertem Wasserdampf bei der täglichen Unterhaltsreinigung  
FRT information 4 (2020), 6-8
- RINK, V., PFANNMÜLLER, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Schnellnachweis hygiene-relevanter Keime auf flexiblen Endoskopen  
FRT information 4 (2020), 4-5
- OSSIG, R., NEUMANN-SCHMIDT, T, HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Desinfektion und Desodorierung mit plasmaaktiviertem Wasserdampf  
rationell reinigen 12-2020, 46-47
- ROEBEN, E., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Temperatur-connective Polyurethanvergütung für elastische Bodenbeläge  
wfk-news 6 (2020), 8-9
- MEESEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Konvergenz-Amplifikation und Fluoroswitch-Detektion zum Nachweis hygiene-relevanter ESKAPE-Erreger  
wfk-news 6 (2020), 3-5
- SEIDEL, S., RIEDEL, R., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Piezoelektrischer MRSA-Nachweis  
rationell reinigen 11 (2020), 56-57
- RINK, V., PFANNMÜLLER, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Duplex-Amplifikationsverfahren zum in situ-Schnellnachweis hygiene-relevanter Keime auf flexiblen Endoskopen  
wfk-news 5 (2020), 8-9

- RINK, V., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Real-time Hygienemonitor auf Basis Stimulus-sensitiver Liposomen  
wfk-news 5 (2020), 10-11
- RINK, V.  
Schnellnachweis hygienerelevanter Keime auf flexiblen Endoskopen - Licht ins Dunkel bringen  
rationell reinigen 10 (2020), 58-59
- KLÜPPEL, A.  
pH-soziierte Pflegebefilmungen für elastische Bodenbeläge  
FRT information 3 (2020), 10-11
- SEIDEL, S.  
Piezoelektrischer MRSA-Nachweis unter Einkopplung photoinduzierter akustischer Wellen  
FRT information 3 (2020), 8-9
- CASPER, P.  
Plasmabasierte Trockenentschichtung elastischer Bodenbeläge  
FRT information 3 (2020), 6-7
- HENNIG, G.  
Magnetostriktiver Snap Sensitizing-Sensor zur Kontrolle der mikrobiologischen Wasserqualität  
FRT information 3 (2020), 3-5
- HENNIG, G.  
Kontrolle der mikrobiologischen Wasserqualität  
Berührungslose Keimzahlbestimmung mit magnetischen Feldern  
rationell reinigen 9 (2020), 56-57
- ALEXOWSKI, C.  
Elektronischer Performanceindikator für Geschirrspülprozesse - Schnelle Fehleranalyse in Eigenkontrolle  
rationell reinigen 07-08 (2020), 54-55
- RIEDEL, R.  
MRSA-Nachweis auf der Basis von Upconversion-Glasfasern  
FRT information 2 (2020), 10-11
- KLÜPPEL, A.  
Pflegebefilmungen aus Flüssigmembran-separierten Komplementärphasen-Dispersionen  
FRT information 2 (2020), 8-9
- CASPER, P.  
Stoßwellen-basiertes Reinigungsverfahren für nassbelastete Barfußbereiche  
FRT information 2 (2020), 3-5
- BOHNEN, J.  
FRT-Mitgliederversammlung am 12. und 13. November 2020 in Mainz  
FRT information 2 (2020), 2

- KLÜPPEL, A.  
Gegensätze schützen den Boden – Flüssigmembranseparierte Komplementärphasen-Dispersionen  
rationell reinigen 6 (2020), 53
- PRINZ, H., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Plasmabasierte Trockenentschichtung elastischer Bodenbeläge – Trockenen Fußes zur Neubefilmung  
rationell reinigen 5 (2020), 54-55
- KOTT, M., SEGHAOUI, M., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Den Schmutz aus dem Teppich ziehen  
rationell reinigen 4 (2020), 46-47
- KOTT, M., SEGHAOUI, M., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Magneto-spumare Partikel zur rückstandsfreien Reinigung textiler Bodenbeläge  
wfk-news 2 (2020), 10-11
- SCHLESIER, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Katalytische Aptazym-Reportersysteme zum Pilzsporennachweis  
wfk-news 2 (2020), 3-5
- SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Elektronischer Performanceindikator für gewerbliche Geschirrspülmaschinen  
FRT information 1 (2020), 9-11
- SCHLESIER, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Katalytische Aptazym-Reportersysteme zum Pilzsporennachweis  
FRT information 1 (2020), 4-8
- BOHNEN, J.  
FRT-Mitgliederversammlung am 12. und 13. November 2020 in Mainz  
FRT information 1 (2020), 3
- RIEDEL, R., DRENKOW, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
MRSA-Nachweis auf der Basis von Upconversion-Glasfasern  
rationell reinigen 3 (2020), 58-59
- SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Elektronischer Performanceindikator für gewerbliche Geschirrspülmaschinen  
wfk-news 1 (2020), 3-5
- CASPER, P., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Stoßwellenbasiertes Reinigungsverfahren für nassbelastete Barfußbereiche – NDW – Die Neue Dreck-Weg-Welle  
rationell reinigen 2 (2020), 26-27

- HELLMERT, M., PIEPER, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Angeregte Fleckentfernung  
rationell reinigen 1 (2020), 44-45
- OSSIG, R., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Schuhhygiene auch im Härtefall, dank Plasma-aktiviertem Wasserdampf  
FRT information 4 (2019), 8-11
- CASPER, P.  
FRT-Mitgliederversammlung 2019  
FRT information 4 (2019), 3-7
- HELLMERT, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Lichtinduzierte Be- und Entschichtung elastischer Bodenbeläge – Spot an:  
Beschichtungsfrei  
rationell reinigen 12 (2019), 37
- MEEßEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Mit Gelkissen gegen dicke Luft - Kontinuierliche Überwachung der Hygiene  
von raumluftechnischen Anlagen  
rationell reinigen 11 (2019), 36-37
- MEEßEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Ion Jelly-Detektoren zur kontinuierlichen Überwachung der Hygiene von  
raumluftechnischen Anlagen  
wfk-news 5 (2019), 9-11
- OSSIG, R., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Schuhhygiene auch im Härtefall, dank Plasma-aktiviertem Wasserdampf  
wfk-news 5 (2019), 6-8
- HELLMERT, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Lichtinduzierte Be- und Entschichtung elastischer Bodenbeläge  
FRT information 3 (2019), 6-7
- ACHTEN, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Echtzeit-Hygienemonitor – Magischer Farbwechsel  
rationell reinigen 7 (2019), 70-71
- MEEßEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Ion Jelly-Detektoren zur kontinuierlichen Überwachung der Hygiene von  
raumluftechnischen Anlagen  
FRT information 3 (2019), 8-11
- VATERRODT, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Lichtinduzierte Be- und Entschichtung elastischer Bodenbeläge  
FRT information 3 (2019), 6-7
- KREDEL, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Selbstregenerierende, fluorfreie, hydrophobe und oleophobe Ausrüstung  
textiler Materialien auf der Basis selbstöffnender Mizellen  
FRT information 3 (2019), 2-5

- WEUSTER, A., SPETTMANN, D., HLOCH, H.G., BOHNEN, J., Schuhhygiene dank plasmaaktiviertem Wasserdampf - Nie wieder Stinkstiefel rationell reinigen 9 (2019), 74-75
- SEIDEL, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J. Bewertung der Oberflächenreinheit - Automatisierte Auswertung mittels Testtinten rationell reinigen 8 (2019), 38
- ACHTEN, A., WEHRL, M, SPETTMANN, D., BOHNEN, J. Echtzeit-Hygienemonitor – Magischer Farbwechsel rationell reinigen 7 (2019), 70
- KREDEL, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J. Ausrüstung von Textilien - Mizelle öffne dich rationell reinigen 6 (2019), 52
- SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J. Hygiene im Gesundheitswesen und in Wellnessbereichen - Mikrobiologische Wasserqualität überwachen rationell reinigen 5 (2019), 40-41
- VAN DEN BERG, T., THIERFELD, H., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J. Enzym-Januspartikel-Indikator zur Kontrolle des Hygienestatus von Oberflächen FRT information 1-2 (2019), 9-11
- BOHNEN, J. Technischer Kongress Gebäude- & Industriereinigung im Rahmen der 49th IDC – Herausforderungen & Marktpotenziale FRT information 1-2 (2019), 4-8
- BOHNEN, J. 26. Innovationstag Mittelstand des BMWi FRT information 1-2 (2019), 2
- VAN DEN BERG, T., THIERFELD, H., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J. Hygienestatus von Oberflächen bestimmen – Partikel mit zwei unterschiedlichen Gesichtern rationell reinigen 4 (2019), 42-43
- SEIDEL, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J. Photoakustische Kontrolle der Befilmungsqualität - Elastische Bodenbeläge zum Klingeln bringen rationell reinigen 3 (2019), 44-45
- FESEL, P., SPETTMANN, D., BOHNEN, J. Früherkennungssystem für Schimmelpilzsporen in der Raumluft - Leuchtende Pilzsporen – unsichtbares sichtbar machen rationell reinigen 2 (2019), 38-39

- CASPER, P.  
FRT – Mitgliederversammlung mit spannenden Vorträgen  
rationell reinigen 1 (2019), 67-68
- CASPER, P., SPETTMANN, D., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Stoßwellen-basiertes Reinigungsverfahren für nassbelastete Barfußbereiche  
FRT information 4 (2018), 6-7
- CASPER, P.  
FRT-Mitgliederversammlung 2018  
FRT information 4 (2018), 3-5
- CASPER, P., SPETTMANN, D., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Stoßwellen-basiertes Reinigungsverfahren für nassbelastete Barfußbereiche - Todesstoß für hartnäckige Verschmutzungen  
rationell reinigen 12 (2018), 44-45
- KRIEG, M., SEIDEL, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Testsystem zur Bewertung von Benetzbarkeit und Oberflächenreinheit  
FRT information 4 (2018), 8-9
- KRIEG, M., SEIDEL, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Testsystem zur Bewertung von Benetzbarkeit und Oberflächenreinheit  
wfk-news 5 (2018), 8-9
- KAMPE, A., BRILL F.H.H., PFANNMÜLLER A., WEHRL, M.  
Kontrolle der Reinigung bei dentalen Übertragungsinstrumenten: Herausforderungen von Chemikalienrückständen  
Aseptica 3 (2018)
- WEUSTER, A., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Entfernung von Keimen und Gerüchen in Arbeitsschuhen - Bevor es zum Himmel stinkt  
rationell reinigen 9 (2018), 48
- FESEL, P., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Nachweis von Schimmelpilzsporen in der Raumluft durch katalytische Ap-tazym-Reportersysteme  
FRT information 3 (2018), 7-9
- SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Fassadenreinigung auf der Basis segregierender Gelnetzwerke  
FRT information 3 (2018), 5-7
- SEIDEL, S., KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Elastische Bodenbeläge zum Klingeln bringen: Photoakustische Kontrolle der Befilmungsqualität elastischer Bodenbeläge  
FRT information 3 (2018), 3-5
- SEIDEL, S., KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Elastische Bodenbeläge zum Klingeln bringen: Photoakustische Kontrolle der Befilmungsqualität  
wfk-news 4 (2018), 10-11

- KAMPE, A., BRILL F.H.H., PFANNMÜLLER A., WEHRL, M.  
Kontrolle der Reinigung bei dentalen Übertragungsinstrumenten: Herausforderungen von Chemikalienrückständen.  
Aseptica 3 (2018)
- KRIEG, M., SEIDEL, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bewertung der Oberflächenreinheit - Leichter und einfacher Nachweis  
rationell reinigen 7 (2018), 46-47
- HELLMERT, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Sauberkeit durch angeregte Schmutzentfernung - Stimuli-connective Tensidsysteme  
rationell reinigen 6 (2018), 52
- MEESEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Überwachung der Hygiene von raumluftechnischen Anlagen mittels ion  
jelly-Detektor  
FRT information 2 (2018), 9-11
- KRIEG, M., VON KIEDROWSKI, V., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T.,  
BOHNEN, J.  
Lauschangriff auf Mikroorganismen: Nanoventil-Nanopartikel zur photo-  
akustischen Bestimmung des Hygienestatus auf Oberflächen  
FRT information 2 (2018), 7-8
- HELLMERT, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Stimuli-connective Tensidsysteme zur rückstandsfreien lokalen  
Schmutzentfernung aus textilen Materialien  
FRT information 2 (2018), 5-6
- KAMPE, A., WEHRL, M., PFANNMÜLLER, A., BRILL, F.H.H.  
Bestimmung des Restproteingehalts von manuell aufbereiteten dentalen  
Übertragungsinstrumenten. Verfahren zur Eliminierung von Matrixeffekten  
Aufbereitung in der Praxis 2 (2018)
- HELLMERT, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Stimuli-connective Tensidsysteme zur rückstandsfreien lokalen  
Schmutzentfernung aus textilen Materialien  
wfk-news 3 (2018), 7-8
- FESEL, P., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Katalytische Aptazym-Reportersysteme zum Pilzsporennachweis  
wfk-news 3 (2018), 5-6
- KRIEG, M., VON KIEDROWSKI, V., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T.,  
BOHNEN, J.  
Lauschangriff auf Mikroorganismen: Nanoventil-Nanopartikel zur photo-  
akustischen Bestimmung des Hygienestatus auf Oberflächen  
wfk-news 3 (2018), 9-10
- HEINZE, E., VAN DEN BERG, T., KREDEL, A., SPETTMANN, D.,  
FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Sichtbare Oberflächenbenetzung - Visuelle Kontrolle von Reinigungs- und  
Desinfektionsprozessen  
rationell reinigen 4 (2018), 32

- HEINZE, E., VAN DEN BERG, T., KREDEL, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Optochemische Pflegebefilmungen zur Kontrolle der Oberflächenbenetzung bei Reinigungs- und Desinfektionsprozessen  
wfk-news 2 (2018), 9-10
- WEHRL, M., ACHTEN, A.  
Enzymatischer Schnelltest für die Gesamtprozessleistung maschineller Aufbereitungsprozesse für thermolabile Endoskope (RDG-E-Prozesse)  
Zentralsterilisation 1 (2018), 19–28
- SPROTT, S., MISSONG, R., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Effiziente Schmutzentfernung aus porösen Materialien - Fassadenreinigung mittels segregierender Gelnetzwerke  
rationell reinigen 3 (2018), 34-35
- ACHTEN, A., THYSSEN, C., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameterbezogene Prozesskontrolle der Desinfektion  
FRT information 1 (2018), 9-11
- HEINZE, E., VAN DEN BERG, T., KREDEL, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Optochemische Pflegebefilmungen zur Kontrolle der Oberflächenbenetzung bei Reinigungs- und Desinfektionsprozessen  
FRT information 1 (2018), 5-6
- ACHTEN, A., HEINZE, E., FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Feuchtmittelkonservierung beim Offsetdruck  
rationell reinigen 2 (2018), 37
- ACHTEN, A., THYSSEN, C., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameterbezogene Prozesskontrolle  
rationell reinigen 1 (2018), 36-37
- ACHTEN, A., THYSSEN, C., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameterbezogene Prozesskontrolle der Desinfektion  
wfk-news 1 (2018), 9-11
- ACHTEN, A., THYSSEN, C., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Betriebliche Eigenkontrolle von gewerblichen Geschirrspülprozessen - Eine bunte Alternative  
rationell reinigen 1 (2018), 36-37
- ACHTEN, A., THYSSEN, C., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameterbezogene Prozesskontrolle - IGF 18792 N  
FRT information 4 (2017), 8
- HEINZE, E., KREDEL, A., VAN DEN BERG, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Optochemische Pflegebefilmungen  
FRT information 4 (2017), 8
- WEUSTER, A., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Hygienisierung Sicherheitsschuhe  
FRT information 4 (2017), 8

- WAIDMANN, T., VATERRODT, A., HEINZE, E., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Lichtinduzierte Be- und Entschichtung  
FRT information 4 (2017), 7
- KRIEG, M., SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Nanoventil-Nanopartikel  
FRT information 4 (2017), 7
- FREY, S., BESCHNITT, S., KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Photoakustische Kontrolle Befilmungsqualität  
FRT information 4 (2017), 7
- ACHTEN, A. HEINZE, E., FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Feuchtmittelkonservierung Offsetdruck - IGF 18892 N  
FRT information 4 (2017), 7
- MEESEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Monitoringsystem raumluftechnische Anlagen - IGF 19147 N  
FRT information 4 (2017), 6
- VATERRODT, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Energieeffiziente Luftentfeuchtung Hydrogele  
FRT information 4 (2017), 6
- SPROTT, S., MISSONG, R., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Segregierende Gelnetzwerke  
FRT information 4 (2017), 6
- CASPER, P.  
FRT - Mitgliederversammlung mit interessanten Vorträgen  
rationell reinigen 12 (2017), 75
- CASPER, P.  
FRT-Mitgliederversammlung 2017  
FRT information 4 (2017), 3-5
- SPROTT, S., MISSONG, R., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Fassadenreinigung auf der Basis segregierender Gelnetzwerke  
wfk-news 6 (2017), 9-11
- WEHRL, M., ACHTEN, A., BOHNEN, J.  
Schnelltest für die maschinelle Aufbereitung  
Management & Krankenhaus 6 (2017), 27
- CASPER, P.  
Reinigungstextilien richtig waschen und aufbereiten – Zusammenspiel vieler Faktoren  
Global Cleaning (2017), 48
- VATERRODT, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Energieeffiziente Luftentfeuchtung - RLT-Anlagen  
rationell reinigen 11 (2017), 43

- VATERRODT, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Energieeffiziente Luftentfeuchtung auf Basis lichtsensitiver Hydrogele  
wfk-news 5 (2017), 5-6
- WEHRL, M., ACHTEN, A.  
Enzymatischer Schnelltest für die Gesamtprozessleistung maschineller  
Aufbereitungsprozesse für thermolabile Endoskope (RDG-E-Prozesse)  
Hygiene & Medizin 9 (2017), D98–D106
- WEUSTER, A., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Hygienisierung von Schuhen mit plasmaaktiviertem Wasserdampf – Gegen  
dampfende Schuhe  
rationell reinigen 9 (2017) 108
- ACHTEN, A., HEINZE, E., FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Bedarfsgerechte Feuchtmittelkonservierung mit enzymatischaktivierbaren  
antimikrobiellen Systemen zur Vermeidung von Biofouling im Offsetdruck  
FRT information 3 (2017), 10
- VATERRODT, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Energieeffiziente Luftentfeuchtung auf Basis lichtsensitiver Hydrogele  
FRT information 3 (2017), 9
- CASPER, P.  
Eine gemeinsame Sprache für alle: FRT-Leitfäden und FRT-Informationen  
FRT information 3 (2017), 6
- HEINTZ, M.  
Hygienische Aufbereitung von Reinigungstextilien - CMS Praxisforum 2017  
FRT information 3 (2017), 5
- CASPER, P.  
FRT auf der CMS 2017 – Zwischen Weltkongress und Digitalisierung  
FRT information 3 (2017), 4
- CASPER, P.  
FRT Mitgliederversammlung am 9. und 10. November 2017 in Augustdorf  
FRT information 3 (2017), 3
- WEHRL, M.  
Neuer Test für Glutaraldehydrückstände – Ohne Farbe ist alles gut  
rationell reinigen 8 (2017) 36
- FREY, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Gegenionische Befilmungen – Beständiger und haltbarer  
rationell reinigen 7 (2017), 42
- FREY, S., BESCHNITT, S., KREDEL, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH,  
T., BOHNEN, J.  
Gegenionische Befilmung - beständiger und haltbarer  
FRT information 2 (2017), 10-11
- MEESEN, J. WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Enzymatischer Komparatortest für Glutaraldehydrückstände auf flexiblen  
Endoskopen  
FRT information 2 (2017), 10

- WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines kontinuierlichen Hygienemonitoringsystems für raumluft-technische Anlagen, welche mikrobielle Luftverunreinigungen mittels ion jelly-Detektor kumulativ erfassen  
FRT information 2 (2017), 8
- WEUSTER, A., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Hygienisierung von Sicherheitsschuhen mit Plasma-aktiviertem Wasserdampf  
FRT information 2 (2017), 6-7
- WEHRL, M.  
24. Innovationstag Mittelstand des BMWi  
FRT information 2 (2017), 4-5
- WAIDMANN, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Lichtinduzierte Be- und Entschichtung elastischer Bodenbeläge – Auf die Wellenlänge kommt es an  
rationell reinigen 6 (2017), 28
- KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygienestatus auf Oberflächen – Photoakustische Bestimmung mit Nanoventil-Nanopartikeln  
rationell reinigen 5 (2017), 54
- KRIEG, M., SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Nanoventil-Nanopartikel zur photoakustischen Bestimmung des Hygienestatus auf Oberflächen  
wfk-news 2 (2017), 8-9
- KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Qualität von Pflegebefilmungen – Photoakustische Kontrolle  
rationell reinigen 4 (2017), 36
- WEHRL, M.  
Enzymatischer Komparatortest für Glutaraldehydrückstände auf flexiblen Endoskopen  
FRT information 1 (2017), 10-11
- CASPER, P.  
Technischer Kongress am 05. April 2017 – Gebäude- & Industriereinigung  
FRT information 1 (2017), 3-5
- KRIEG, M., FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Nanoventil-Nanopartikel zur photoakustischen Bestimmung des Hygienestatus auf Oberflächen  
FRT information 1 (2017), 6-7
- WAIDMANN, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Lichtinduzierte Be- und Entschichtung elastischer Bodenbeläge  
FRT information 1 (2017), 8-9

- KOLBE, S., ACHTEN, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Desinfektion in gewerblichen Geschirrspülmaschinen – Farbige Testmethode für eine sichere Eigenkontrolle  
rationell reinigen 3 (2017), 40
- CASPER, P.  
Reinigungstextilien richtig waschen und aufbereiten - Zusammenspiel vieler Faktoren  
rationell reinigen 02 (2017), 44-47
- SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Fassadenreinigung – Schmutz aus porösen Materialien einfacher entfernen  
rationell reinigen 1 (2017), 54
- KOLBE, S., DUMSCH, I., SPETTMANN, D., WEHRL, M., D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Mikroorganismen und Keimzahl auf Oberflächen bestimmen - Eigenkontrolle von Reinigungs- und Desinfektionsverfahren  
rationell reinigen 2 (2017), 35-37
- FRIEDRICH, T., WAIDMANN, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Lichtinduzierte Be- und Entschichtung elastischer Bodenbeläge  
wfk-news 1 (2017)
- FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Photoakustische Kontrolle der Befilmungsqualität  
wfk-news 6 (2016), 11
- ACHTEN, A., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameterbezogene Prozesskontrolle der Desinfektion in gewerblichen Geschirrspülmaschinen auf Basis funktionalisierter Vesikel  
wfk-news 6 (2016), 10
- SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Fassadenreinigung auf der Basis segregierender Gelnetzwerke  
wfk-news 6 (2016), 8-9
- WEHRL, M.  
Prüfung der Reinigungsleistung bei der Leistungsqualifikation von RDG-E-Prozessen mittels Anlage-8-Prüfkörpern - Ergebnisse einer Feldstudie  
Zentralsterilisation 4 (2016), 213-218
- ACHTEN, A., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameterbezogene Prozesskontrolle der Desinfektion in gewerblichen Geschirrspülmaschinen auf Basis funktionalisierter Vesikel  
FRT information 4 (2016), 11
- FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Photoakustische Kontrolle der Befilmungsqualität  
FRT information 4 (2016), 10
- SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Fassadenreinigung auf der Basis segregierender Gelnetzwerke  
FRT information 4 (2016), 8-9

- KOLBE, S., GERLACH, T., STOLZ, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Hygiene-„App“ für elastische Bodenbeläge: Erneuerbare antimikrobielle Peptid-Primersysteme  
FRT information 4 (2016), 6-7
- ACHTEN, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Industriereinigung - Eine saubere Druckmaschine ist nicht genug  
rationell reinigen 11 (2016), 45
- ACHTEN, A., STOLZ, M., HEINZE, E., WEHRL, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
DIETZEL, S., RAUH, W., Fogra Forschungsgesellschaft Druck, München  
Bedarfsgerechte Feuchtmittelkonservierung mit enzymatisch aktivierbaren antimikrobiellen Systemen zur Vermeidung von Biofouling im Offsetdruck  
wfk-news 5 (2016), 11
- CASPER, P.  
Leitfäden und Informationen zum Thema Bodenbeläge - Eine gemeinsame Sprache für alle  
rationell reinigen 10 (2016), 36-37
- KOLBE, S., DUMSCH, I., SPETTMANN, D., WEHRL, M., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemische Synchronbestimmung von hygienerelevanten Mikroorganismen und Gesamtkeimzahl auf Oberflächen  
wfk-news 5 (2016), 8-10
- CASPER, P.  
Eine gemeinsame Sprache für alle: FRT-Leitfäden und - Informationen  
FRT information 3 (2016), 10
- CASPER, P., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines MRSA-Schnellnachweises - Einfache Eigenkontrolle für Reinigungsdienstleister  
BauPortal 6 (2016), 79
- CASPER, P., BOHNEN, J.  
Forschung für die Praxis der Reinigungs- und Hygienetechnologie  
BauPortal 6 (2016), 78
- ACHTEN, A., STOLZ, M., HEINZE, E., WEHRL, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
DIETZEL, S., RAUH, W., Fogra Forschungsgesellschaft Druck, München  
Bedarfsgerechte Feuchtmittelkonservierung mit enzymatisch aktivierbaren antimikrobiellen Systemen zur Vermeidung von Biofouling im Offsetdruck  
FRT information 3 (2016), 9
- KOLBE, S., DUMSCH, I., SPETTMANN, D., WEHRL, M., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemische Synchronbestimmung von hygienerelevanten Mikroorganismen und Gesamtkeimzahl auf Oberflächen  
FRT information 3 (2016), 6-8

- WEHRL, M.  
Prüfung der Reinigungsleistung bei der Leistungsqualifikation von RDG-E-Prozessen mittels Anlage-8-Prüfkörpern. Qualitative und quantitative Ergebnisse einer Feldstudie  
Endo-Praxis 32 (2016), 157-164
- OSSIG, R., BOHNEN, J.  
Atmosphärendruckplasmen für die Trockenentschichtung - Grundreinigung elastischer Bodenbeläge, (IGF 18035 BG)  
rationell reinigen 9 (2016), 34-35
- HEIMANN, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen - Oberflächenbenetzung prüfen  
rationell reinigen 8 (2016), 54
- WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Einfach anwendbarer Test - Desinfektion medizinischer Geräte  
rationell reinigen 7 (2016), 32
- OVERLÖPER, A., SCHNEIDER, R., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines MRSA-Schnellnachweises – Einfache Eigenkontrolle für Reinigungsdienstleister  
FRT information 2 (2016), 10-11
- OSSIG, R., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Trockenentschichtung elastischer Bodenbeläge mit Atmosphärendruckplasma  
FRT information 2 (2016), 8-9
- FREY, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Zweilagige Filme gegen permeative Schmutzarten  
FRT information 2 (2016), 6-7
- HEIMANN, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Optochemische Pflegebefilmungen zur Kontrolle der Oberflächenbenetzung bei Reinigungs- und Desinfektionsprozessen  
FRT information 2 (2016), 4-5
- FREY, S., BESCHNITT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Dünner und beständiger - Neue Pflegebefilmung gegen permeative Schmutzarten  
rationell reinigen 6 (2016), 41
- KOLBE, S., FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Erneuerbare antimikrobielle Peptid-Primersysteme (APP) für elastische Bodenbeläge (Hygiene-APP)  
rationell reinigen 5 (2016), 44-45
- SCHNEIDER, R., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Verfahren zur innerbetrieblichen Eigenkontrolle entwickelt – Flächendesinfektion (Fluoreszenzsignal)  
rationell reinigen 4 (2016), 38-39

- OVERLÖPER, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines MRSA-Schnellnachweises – Einfache Eigenkontrolle für Reinigungsdienstleister  
rationell reinigen 3 (2016), 41
- SCHNEIDER, R., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Prozesskontrolle der Flächendesinfektion auf der Basis funktionalisierter Proteoliposomen  
FRT information 1 (2016), 6-7
- ACHTEN, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines biokatalytischen Farbindikatorsystems zur Prozesskontrolle der Desinfektion in gewerlichen Geschirrspülmaschinen  
FRT information 1 (2016), 10-11
- SZILLAT, F., BOHNEN, J.  
Nach Druck – ohne Druck reinigen  
FRT information 1 (2016), 8-9
- POPPE, S., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Enzymatischer Komparatortest für Glutaraldehydrückstände auf flexiblen Endoskopen  
FRT information 1 (2016), 4-5
- MARTEN, G., KOLBE, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemische Synchronbestimmung von hygienerlevanten Mikroorganismen und Gesamtkeimzahl auf Oberflächen  
rationell reinigen 2 (2016), 24-25
- SZILLAT, F.  
Interview zur „Entwicklung eines wasserbasierten Reinigungsverfahrens für Druckmaschinengehäuse“ mit Herrn Bähler  
wfk-news 6 (2015), 10
- HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines neuartigen Niedertemperatur-Sterilisationsverfahrens auf der Basis von überkritischem Kohlendioxid und von kompatiblen Nanokompositen für Medizinprodukte  
wfk-news 6 (2015), 6-9
- FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Segregierende Gelnetzwerke für die Fassadenreinigung  
wfk-news 6 (2015), 4-5
- HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines neuartigen Niedertemperatur-Sterilisationsverfahrens auf der Basis von überkritischem Kohlendioxid und von kompatiblen Nanokompositen für Medizinprodukte  
FRT information 4 (2015), 8-11
- KOLBE, S., POPPE, S., STRINITZ, F., GERLACH, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygiene-„App“ für elastische Bodenbeläge: Erneuerbare antimikrobielle Peptid-Primersysteme  
FRT information 4 (2015), 6-8

- CASPER, P.  
FRT-Mitgliederversammlung 2015  
FRT information 4 (2015), 3
- JACHLEWSKI, W., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Enzymatischer Komparatortest für Glutaraldehydrückstände auf flexiblen Endoskopen  
wfk-news 6 (2015), 3-4
- HOUBEN, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biofouling im Offsetdruck: Druckprozess und Arbeitshygiene im Fokus  
rationell reinigen 11 (2015), 52
- OSSIG, R., HLOCH, H.G.  
Ohne Wasser dank Plasma - Entschichtung elastischer Bodenbeläge  
rationell reinigen 10 (2015), 32-33
- MARTEN, G., KOLBE, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemische Synchronbestimmung von hygienerelevanten Mikroorganismen und Gesamtkeimzahl auf Oberflächen  
Cleaning-Management-Services (CMS), Berlin, 22. - 25. September 2015
- OSSIG, R., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Entschichtung elastischer Bodenbeläge - Ohne Wasser dank Plasma  
rationell reinigen 10 (2015), 32
- SCHNEIDER, R., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Prozesskontrolle der Flächendesinfektion – Neuer Schnelltest wird erforscht  
rationell reinigen 9 (2015), 65
- STRINITZ, F., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Zwei Lagen gegen permeative Schmutzarten – Gegensätze ziehen sich an  
rationell reinigen 8 (2015), 23
- OVERLÖPER, A., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines MRSA-Schnellnachweises - Einfache Eigenkontrolle  
rationell reinigen 7 (2015), 30
- HOUBEN, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Prozesskontrolle der Desinfektion in Geschirrspülmaschinen – Kostengünstige Alternative  
rationell reinigen 6 (2015), 29
- SZILLAT, F., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Wasserbasiertes Reinigungsverfahren für Druckmaschinen – Nach dem Druck ist vor dem Druck  
rationell reinigen 5 (2015), 28
- KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Reinigung wärmedämmender Fassaden – Eine Schutzschicht für Wände  
rationell reinigen 4 (2015), 26

- JACHLEWSKI, W., KOLBE, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygiene-„App“ für elastische Bodenbeläge: Erneuerbare antimikrobielle Peptid-Primersysteme  
rationell reinigen 3 (2015), 30
- CASPER, P., BOHNEN, J.  
FRT-Mitgliederversammlung in Versailles  
rationell reinigen 2 (2015), 61
- FRIEDRICH, T., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Bestimmung in einem Schritt - Hygienerrelevante Mikroorganismen und Gesamtkeimzahl auf Oberflächen  
rationell reinigen 1 (2015), 41
- LAUFS, S., HLOCH, H.G.  
Entschichtung elastischer Bodenbeläge - Vorteile durch nicht thermische Atmosphärendruckplasmen  
rationell reinigen 11 (2014), 58
- FRIEDRICH, T., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Hygiene-„App“ für elastische Bodenbeläge: Erneuerbare antimikrobielle Peptid-Primersysteme  
wfk-news 6 (2014), 5-6
- FRIEDRICH, T., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biochemische Synchronbestimmung von hygienerlevanten Mikroorganismen und Gesamtkeimzahl auf Oberflächen  
wfk-news 6 (2014), 3-4
- LAUFS, S., HLOCH, H.G.  
Trockenentschichtung elastischer Bodenbeläge mit nicht thermischen Atmosphärendruckplasmen  
wfk-news 5 (2014) 9-10
- FRIEDRICH, T., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biochemische Synchronbestimmung von hygienerlevanten Mikroorganismen und Gesamtkeimzahl auf Oberflächen  
FRT information 4 (2014), 5-6
- HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Niedertemperatur-Sterilisation von Medizinprodukten mit überkritischem Kohlendioxid  
wfk-news 5 (2014), 6-8
- WEHRL, M., HOCHMUTH, T., BOHNEN, J.  
Entwicklung neuartiger bioresorbierbarer Implantatmaterialien sowie kompatibler Sterilisationsverfahren  
wfk-news 5 (2014), 5
- HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Niedertemperatur-Sterilisation von Medizinprodukten mit überkritischem Kohlendioxid  
FRT information 4 (2014), 7-9

- INFED, N., BOHNEN, J.  
Entwicklung eines wasserbasierten Reinigungsverfahrens für Druckmaschinen  
FRT information 3 (2014)
- HOUBEN, A., RIGBERS, O., SCHLEBUSCH, M., BOHNEN, J.  
Einfach und schnell: Prozesskontrolle der Desinfektion in gewerblichen Geschirrspülmaschinen  
FRT information 3 (2014), 7-8
- FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Neues Verfahren entwickelt  
Reinigung und Desinfektion in Niedrigtemperaturbereichen  
rationell reinigen 9 (2014), 39
- CASPER, P.  
Neuer FRT-Leitfaden „Aufbereitung von Reinigungstextilien“  
FRT information 3 (2014), 11
- CASPER, P.  
Dem Teppichschmutz eiskalt an den Kragen  
Reinigung von textilen Bodenbelägen mit Kohlendioxid-Clathraten  
rationell reinigen 8 (2014), 35
- CASPER, P., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Reinigung industrieller Teile - Dasselbe in Grün  
rationell reinigen 7 (2014), 40
- FRIEDRICH, T.  
Anschmutz- und Reinigungsverhalten bewerten -  
Easy-to-clean-Eigenschaften von Coil-Coating-Oberflächen  
rationell reinigen 6 (2014), 44
- CASPER, P.  
DIN 77400: Mindeststandards für Reinigungsdienstleistungen in Schulgebäuden  
FRT information 2 (2014), 11
- CASPER, P., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Alternative Reinigung von industriellen Teilen in komprimiertem Kohlendioxid  
FRT information 2 (2014), 7
- CASPER, P.  
Der Aufwand lohnt sich -  
FRT-Arbeitskreis zur Aufbereitung von Reinigungstextilien  
rationell reinigen 5 (2014), 47
- CASPER, P.  
Mineralische Bodenbeläge: Reinigen oder auch Pflege? - An den FRT-Leitfaden halten  
rationell reinigen 5 (2014), 27

- CASPER, P., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Alternative Reinigung von industriellen Teilen in komprimiertem Kohlendioxid  
wfk-news 02 (2014), 9
- RIGBERS, O.  
Hygiene-Schnellnachweis  
Mikrobielle Kontamination auf inhomogen feuchten Oberflächen  
rationell reinigen 4 (2014), 45
- CASPER, P.  
Prüfung von Bodenbelägen - Aktualisierung der DIN 51130 und DIN 51131  
FRT information 1 (2014), 10
- CASPER, P., BOHNEN, J.  
Die FRT stellt sich vor  
FRT information 1 (2014), 7
- CASPER, P.  
Aufbereitung von Reinigungstextilien  
FRT information 1 (2014), 6
- SCHLEBUSCH, M.  
Farbindikator zur Prozesskontrolle  
Desinfektion in gewerblichen Geschirrspülmaschinen  
rationell reinigen 3 (2014), 42
- HURKES, N.  
Nach Druck gegen Schmutz  
Reinigung von Druckmaschinengehäusen  
rationell reinigen 2 (2014), 40
- FRT  
Verbesserte Schmutzentfernung:  
Wärmedämmende Fassaden mit erneuerbarer Soil-Release-Ausrüstung  
rationell reinigen 1 (2014), 30
- FRT  
Schnelltest für Reinheit und Hygiene in Reinräumen  
rationell reinigen 11 (2013), 36
- FRT  
Zur richtigen Zeit am richtigen Ort  
rationell reinigen 10 (2013), 28
- FRT  
Elastische Bodenbeläge  
Neue Oberflächen brauchen neue Methoden und Tests  
rationell reinigen 9 (2013), 58
- SIEVERT, S., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Neuartiges Strahlverfahren zur Reinigung textiler Bodenbeläge mit minimalem Wassereinsatz  
FRT information, 3 (2013)

- CASPER, P.  
Arbeitskreis „Elastische Bodenbeläge“  
FRT information, 3 (2013)
- FRT  
Minimaler Wassereinsatz  
Neuartiges Strahlverfahren zur Reinigung textiler Bodenbeläge  
rationell reinigen 8 (2013), 37
- FRT  
Reinigung und Desinfektion in Niedertemperaturbereichen – Beschichtung  
für kalte Räume  
rationell reinigen 7 (2013), 37
- MAGGAKIS-KELEMEN, C.  
Lumineszierende Pflegebefilmungen zur Schnellbestimmung der Befil-  
mungsqualität  
wfk-news 3 (2013), 9
- CASPER, P.  
Reinigungstextilien aufbereiten: Lohnt sich der Aufwand?  
wfk-news 03/2013, 3
- FRT  
Mikrobielle Kontaminationen auf feuchten Oberflächen - Schwammpads  
und Hightech-Analytik für schnelle Kontrolle  
rationell reinigen 6 (2013), 50
- FRIEDRICH, T., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Verbesserte Schmutzentfernung für wärmedämmende Fassadenmateria-  
lien  
FRT information 2 (2013)
- FRT  
Wisch und weg?  
Aufbereitung von Reinigungstextilien  
„Technischer Kongress Gebäude- und Industriereinigung“  
im Rahmen der 46th International Detergency Conference  
rationell reinigen 6 (2013), 52-54
- FRT  
Imprägnierte Natursteinböden  
Nur reinigen oder auch pflegen?  
rationell reinigen 5 (2013), 17
- FRT  
46th International Detergency Conference in Düsseldorf – Vielseitiges Vor-  
tragsprogramm  
rationell reinigen 5 (2013), 72
- SPETTMANN, D., EHLIG, B., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Erneuerbare impermeable Polymerbefilmungen für elastische Bodenbe-  
läge mit Barrierefunktion gegen permeative Schmutzkomponenten  
Proceedings of the 46th International Detergency Conference, 2013, 348-  
359

- MAGGAKIS-KELEMEN, C., SIEVERT, S., BOHNEN, J.  
Lumineszierende Pflegebefilmungen mit integrierter Funktionalisierung zur Schnellbestimmung der Befilmungsqualität  
Proceedings of the 46th International Detergency Conference, 2013, 360-371
- CASPER, P., NEUMANN-SCHMIDT, T., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Reinigung industrieller Teile auf der Basis von Stoßwellen und ionischen Flüssigkeiten in komprimiertem Kohlendioxid  
Proceedings of the 46th International Detergency Conference, 2013, 372-385
- SPORENBERG, N., FRIEDRICH, T., SEYFARTH, K., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Reinigung und Desinfektion in Niedrigtemperaturbereichen der Lebensmittelindustrie  
Proceedings of the 46th International Detergency Conference, 2013, 862-871
- HEINTZ, M.  
Hygieneaspekte bei Aufbereitung und Nutzung von Reinigungstextilien  
Proceedings of the 46th International Detergency Conference, 2013, 932-939
- KOLBE, S., HILGENBERG, B., HOUBEN, A., BOHNEN, J.  
Schnelltest zur Prozesskontrolle der Desinfektion  
Proceedings of the 46th International Detergency Conference, 2013, 950-964
- SCHULZ, T., CASPER, P., SPORENBERG, N., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Reinigung und Hygiene textiler Bodenbeläge mittels CO<sub>2</sub>-Clathraten  
Proceedings of the 46th International Detergency Conference, 2013, 966-977
- FRT  
Wärmedämmende Fassadenmaterialien - Verkrustungen leichter entfernen  
rationell reinigen 4 (2013), 26
- SIEVERT, S., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Entwicklung lumineszierender Pflegebefilmungen mit integrierter Funktionalisierung zur Schnellbestimmung der Befilmungsqualität  
FRT information 1 (2013)
- FRT  
Neuer Arbeitskreis – Aufbereitung von Mopps und Tüchern  
rationell reinigen 3 (2013), 82
- CASPER, P., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Reinigungstextilien aufbereiten: Lohnt sich der Aufwand?  
wfk-news 3 (2013), 3

- 
- WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Schnelltest für Reinigungs- und Desinfektionswirkung  
wfk-news 3 (2013), 8-10
  - SIEVERT, S., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Reinigung und Hygiene textiler Bodenbeläge auf der Basis von CO<sub>2</sub>-Clathraten  
wfk-news 3 (2013), 10
  - FRT  
Desinfektion in gewerblichen Geschirr-Spülmaschinen – Einfache und schnelle Prozesskontrolle  
rationell reinigen 3 (2013), 49
  - FRT  
Elastische Bodenbeläge – Wenn der Boden leuchtet ist alles ok.  
rationell reinigen 1 (2013), 29
  - FRT  
Trittsicherheit und Pflege  
Nass belastete Barfußbereiche  
rationell reinigen 2 (2013), 40-41
  - FRT  
Elastische Bodenbeläge - Wenn der Boden leuchtet, ist alles O.K.  
rationell reinigen 1 (2013), 29

### **Wie werde ich FRT- Mitglied?**

1. Kontaktieren Sie uns per E-Mail, Telefon oder Fax.
2. Der Vorstand entscheidet über die Aufnahme.
3. Der Jahres-Mitgliedsbeitrag beträgt € 990,00 und wird nach Aufnahme fällig.

### **Vorteile einer Mitgliedschaft**

- Mitglieder bestimmen die Forschung der FRT.
- Mitglieder erarbeiten in Arbeitskreisen Lösungen zu bestehenden Problemstellungen.
- Mitglieder erhalten Antworten von Sachkundigen.
- Mitglieder erhalten durch ihre Mitarbeit laufend Informationen über den Stand der Arbeiten und können damit die Ergebnisse frühzeitig nutzen.
- Mitglieder erhalten Hilfe beim Transfer von Forschungsergebnissen.
- Mitglieder werden durch ein Informationsblatt über den Fortschritt in Forschungsprojekten, neue Erkenntnisse aus anderen Bereichen, neue internationale Literatur und Änderungen in der Gesetzgebung unterrichtet.
- Mitgliedern wird Hilfe in technischen Fragestellungen (Verfahrenstechnik, Umweltfragen), bei der Beschaffung öffentlicher Mittel sowie bei der Vertretung gegenüber Behörden und Gerichten gegeben.
- Mitglieder verbessern ihre eigenen Zukunftschancen durch die Mitarbeit in der FRT in Fragen der Normung, Festlegung von Vorschriften, Beteiligung an gesetzgebenden Maßnahmen und der Beratung von Behörden.

## **Introduction**

In 2021, the European Cleaning and Hygiene Technology Research Association (FRT) celebrated its thirtieth anniversary; the association was founded in 1991 by renowned companies in the field of cleaning and hygiene technology.

As a member of the Federation of Industrial Research Associations (AiF), it can realize pre-competitive research projects through the funding programme “Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF)” of the Federal Ministry of Economics and Climate Action (BMWK). These projects are particularly strengthening the competitiveness of small and medium sized enterprises (SMEs).

In parallel to its member companies, the FRT has also expanded its activities in the recent years continuously. Today, the cleaning, reprocessing and hygiene of various materials are examined within IGF-projects.

Examples include besides the classical cleaning of buildings and industrial plants, industrial parts and clean rooms also medical devices, medical instruments and implants.

Many companies actively support the work of the FRT by their activities in the various FRT-committees. In addition, many companies collaborate in the Project advisory boards of the IGF-projects and support them through project-related expenditures of the industry (vAW).

Furthermore, in recent years, numerous working groups were formed, compiling the cleaning and care recommendations on various current issues of the cleaning and hygiene technology. The results of these working groups are available to all interested companies and associations and are of immediate use in practice.

This activity report gives you a brief overview of the work of the FRT. If you are interested in more detailed information on specific topics, please contact the FRT-office in Krefeld at any time.

## Project Advisory Boards and Working Groups

In the following the project advisory boards for IGF-research projects are listed. Furthermore, several working groups are mentioned, in which FRT-members develop cleaning and maintenance recommendations for hard surfaces. In addition, future research needs are discussed by these working groups.

- **Self-degrading polymer systems**  
Project advisory board for IGF-project 01IF23446N
- **Hydrogels – wound dressings**  
Project advisory board for IGF-project 01IF00385N
- **Visualization of viral contamination**  
Project advisory board for IGF-project 01IF23338N
- **Plasma-activated ice particles for façade cleaning**  
Project advisory board for IGF-project 01IF23265N
- **Antimicrobial self-assembling systems**  
Project advisory board for IGF-project 01IF23264N
- **Special enzymes - hydrocarbons**  
Project advisory board for IGF-project 01IF23097N
- **Dry ice blasting process dishwashing**  
Project advisory board for IGF-project 01IF23050N
- **Dielectrophoretic filters**  
Project advisory board for IGF-project 01IF22990N
- **Thermosolubilizable water repellent systems**  
Project advisory board for IGF-project 01IF22794N
- **Bio-inspired polyurethane coatings**  
Project advisory board for IGF-project 01IF22785N
- **Hydrochromic surfactant systems**  
Project advisory board for IGF-project 01IF22784BG
- **AIE-active photosensitizers**  
Project advisory board for IGF-project 01IF22547N
- **Biodegradation of specially designed polyacrylates**  
Project advisory board for IGF-project 01IF21946N
- **Sustainability in building cleaning**  
Working group on the topic: Analysis, recording and evaluation of resources in cleaning activities

## **Cleaning and Maintenance Recommendations**

Recommendations for cleaning and maintenance are developed by various FRT working groups. The following recommendations are available:

- FRT guideline: reprocessing of cleaning textiles
- FRT guideline: elastic floorings
- FRT guideline: mineral floorings
- FRT information: wooden floorings (parquet floor) – part 1
- FRT information: wooden floorings (parquet floor) – part 2
- FRT information: conductive floorings
- FRT information: nano coatings
- FRT leaflet: laminate floorings
- FRT leaflet: slip-resistant tiles
- FRT leaflet: sanitary fittings
- FRT leaflet: gymnasium floorings
- FRT leaflet: dance floorings

## **Basic Fields of Research**

- Analysis and development of scientific fundamentals of process engineering of cleaning, disinfection and maintenance processes
- Optimisation of process technology of cleaning, disinfection and maintenance processes to minimize consumption of water, energy and chemicals and to optimise process safety
- Development of technical targets of cleaning, disinfection and maintenance processes as well as evaluation methods
- Development of measuring techniques for the determination of suitable parameters
- Reduction of environmental pollution by reducing the use of resources and the volume of wastewater and waste by extending the service life of materials
- Quality assurance
- Development of cleaning and maintenance recommendations

## **Finalized Research Projects**

### **Soil-release coating for textile floor coverings based on directed-functional nanocellulose (01IF22255N)**

The aim of the research project was to develop a renewable soil-release coating for efficient application on textile floor coverings in the contract sector. This soil-release coating is based on nanocrystalline cellulose (NCC) with specially designed polyphosphoester (PPE) functionalities on the surface, whose functional properties are controlled by the environmental conditions (directed-functional nanocellulose).

PE groups in the main chain of the PPE functionalities lead to the flame-retardant properties of such a coating. Hydrophobic, pH-switchable groups in the side chains of the PPE functionalities enable the formation of reversible physical bonds between different directing-functional nanocelluloses and between directing-functional nanocellulose and the hydrophobic wear layer of the floor covering. This gives the Soil Release coating a high abrasion resistance and barrier effect under application conditions.

During basic cleaning, alkali-activatable nucleophiles in the side chains induce the hydrolysis of the PPE functionalities; in addition, the bonds formed by the pH-switchable groups are broken. The coating or the directing functional nanocelluloses are therefore detached from the floor covering as anionic, short-chain, water-soluble, biodegradable polymer segments and NCC. Due to the emulsification of detached soiling by the NCC, dirt redeposition is prevented.

The project results provide a soil-release coating that significantly reduces the effort required for cleaning and maintaining textile floor coverings, does not impair the flame retardancy of coated floor coverings, meets the requirements of the bioeconomy and does not result in microplastic emissions.

---

### **Acoustomechanical cleaning of textile floor coverings based on metallic helix yarns (IGF 21957 N)**

In Germany, around 400 million m<sup>2</sup> of textile floor coverings are installed in the contract sector and around 45 million m<sup>2</sup> are added every year. However, cleaning often leads to long drying times and can damage the textile floor coverings. Due to these disadvantages, resilient floor coverings are preferred, although textile floor coverings offer advantages such as thermal insulation, acoustics, slip resistance and high binding capacity for fine dust and allergens. In order to remain competitive, manufacturers of textile floor coverings need innovative products with a longer service life and more efficient cleaning options. The aim of this research project was therefore to develop these floor coverings.

The innovative floor coverings are based on yarns with a core-sheath structure (helix) and a new latex-free process for pile nap fixation and back coating. The yarns consist of a metal core that is wrapped in voluminous, fluffy carpet yarns to achieve the typical characteristics. Helix yarns were developed in a two-stage, counter-rotating winding direction as well as a pile nap fixation and back coating based on the thermobonding principle. With certain limitations, the stress tests showed results that were suitable for the project, and the health and safety requirements were met.

In order to develop a generally suitable process for the acoustomechanical cleaning of textile floor coverings, textile, specifically soiled floor covering monitors were produced. These were used to characterize the cleaning effect using shock wave treatment. The development of the acoustomechanical process for cleaning textile floor coverings was carried out in a laboratory cleaning system. Optimum conditions for the shock wave and process parameters for dirt removal were developed. The limitations found in the stress tests were confirmed here. Nevertheless, the positive effect of the helix yarn structure with metallic yarn on the removal of film-forming soiling during shock wave treatment compared to conventional looped fabric was demonstrated.

The findings were scaled up to a functional sample with three shock wave applicators. It was not possible to achieve the cleaning intensity of conventional spray

extraction. Improvement approaches could be formulated with regard to travel speed and application time. Compared to conventional spray extraction, the shock wave method with liquor and cleaning agent can be expected to reduce the use of cleaning agents by 90 % and water consumption by 50 % while doubling the area coverage. Corresponding process recommendations were developed.

The cost analysis of the processes showed a fundamental usability of the result against the background of industrial upscaling and the increased useful life from 10 to 15 years.

### **Catch-sweep fluorescence indicator for continuous monitoring of the microbial status of wipe dispensing systems (IGF 21939 N)**

Improper use of wipe dispenser systems for the disinfection of surfaces can lead to germ contamination of these systems. The use of contaminated wipes, for example on surfaces in medical facilities, therefore unintentionally leads to contamination of the surfaces to be disinfected.

A catch-sweep fluorescence indicator was developed in this research project to continuously monitor the microbial status of such wipe dispenser systems. Such a quickly evaluable and inexpensive monitor offers advantages over the time-consuming and cost-intensive cultivation methods used to date. The detection principle of the monitor is based on the binding of germs to enzymatically hydrolysable anchor filaments immobilized on an indicator surface, which consist of single-stranded DNA and carry an aptamer sequence at the free end to bind Gram-positive or Gram-negative germs.

Specific aptamers that bind to Gram-positive or Gram-negative bacteria were developed in disinfectant solutions using SELEX (Systematic Evolution of Ligands by EXponential enrichment). The anchor filaments required as carriers of the aptamers were successfully immobilized on the indicator surface and proved to be enzymatically hydrolysable by both commercially available nucleases and nucleases secreted by bacteria.

Enzymatically non-hydrolyzable, locked nucleic acid (LNA)-based activators could be bound to the anchor filaments. After hydrolysis of the anchor filaments, the activators were released and hybridized to the LNA-based fluorescence reporters. Binding of the activators to the fluorescence reporters generated a strong fluorescence signal that remained stable for several weeks.

The research results obtained show the functionality of the individual components of the Catch-Sweep-Fluorescence-Indicator-System. The complete indicator system therefore seems to be feasible as well.

### **At site quantification of fibrin residues on medical instruments (IGF 21936 N)**

Surgical and diagnostic instruments are heavily contaminated after use, so careful reprocessing is necessary to ensure patient safety. According to the KRINKO/BfArM-recommendation, instruments must be carefully cleaned, disinfected and, if necessary, sterilised. Specialised units (AEMP) in hospitals, medical and dental practices and medical care centres are responsible for reprocessing. The Medical Devices Operator Ordinance (MPBetreibV) requires that reprocessing is carried out using validated procedures and checked regularly. Regular checks of the instruments ensure that no contamination remains that could impair the disinfection and, if necessary, sterilisation processes. The residual protein content serves as a guiding parameter when checking the cleaning process. The KRINKO/BfArM-recommendation stipulates that a residual protein content of 100 µg per instrument or 3 µg/cm<sup>2</sup> of instrument surface must not be exceeded (warning level). The most difficult component of blood contaminations to remove is fibrin, which is not soluble in water and cannot be recovered by standard elution methods.

A method based on a fibrin-binding hybrid molecule was developed for easy control of the cleaning effect and enables the measurement of fibrin residues directly on the instrument surface (*at site* quantification).

The hybrid molecule developed consists of a carrier oligonucleotide, a fibrin-binding CREKA pentapeptide and signalling oligonucleotides, which are released at elevated temperatures and can be eluted and quantified. The specific binding of

the hybrid molecule to fibrin (*at site*) was detected by fluorescence microscopy. The released signalling oligonucleotides can be quantified using a fluorescence indicator that has been developed and is based on a so-called *flip-up* mechanism. Here, the thermally released signal oligonucleotides bind to special *flip-up* oligonucleotides, whereby the *flip-up* oligonucleotides are detached from graphene oxide, resulting in the generation of a fluorescence signal.

The *at-site* quantification method was successfully applied to Crile artery clamps heavily contaminated with blood after automated cleaning and intermediate rinsing. The results demonstrate the suitability of the method, meaning that insoluble fibrin residues can now be easily and reliably quantified for the first time without special and often destructive examination methods.

### **Magnetosensitive floorcare coatings for resilient floor coverings for automated, process-integrated determination of coating quality (IGF 21876 N)**

Cleaning and maintenance of elastic flooring represents an important market segment regarding cleaning service companies. To raise the lifetime and maintain optical properties, elastic floorings are treated with floorcare coatings providing protection against scratches, abrasion and walking imprints together with improved cleaning properties.

Basic cleaning and recoating is usually performed well before impairment of protective functions of applied floorcare coatings in order to reliably avoid irreversible damage of elastic flooring. Renewal of floorcare coating is connected to high personnel effort and time.

The aim of the research project was to develop magnetosensitive floorcare coatings (coatings with included magnetic probes) and a method for the automated, process-integrated determination of the coating quality (layer thickness and structural homogeneity) of resilient floor coverings provided with such coatings. To determine the coating quality, the magnetic probes inserted into the magnetosensitive floorcare coatings are aligned by an external magnetic field and the resulting magnetic field strength is detected using a magnetometer. The signal strength depends on the number of aligned probes, which correlates directly with the film

thickness at the measuring point. A functional model for the spatially resolved measurement of magnetic fields was developed as part of the project. With the developed functional model, defects (caused by mechanical or chemical erosion) in the coating with a size of at least 2.5 mm can be detected automatically, i.e. a spatially resolved measurement of the coating quality is possible.

Based on the project results, a concept for the mechanical implementation of a measuring and evaluation unit for determining the coating quality of resilient floor coverings was developed in cooperation with the project advisory board, taking into account both the integration in the development of new machines and the retrofitting of existing machinery, so that a rapid transfer into practice is possible.

The new method for monitoring of coating quality allows need-oriented renewal of floorcare coatings and therefore an economical treatment of elastic floorings.

### **Process-induced release of peptide mimetics to ensure sustainable hygiene of elastic floorings (IGF 21831 N)**

Surfaces, including floors, can act as a source of contamination for human pathogens (including bacteria and viruses) in hospitals. Pathogens can be transferred from these surfaces to patients or infection-relevant surfaces (e.g., surfaces in the vicinity of patients, such as bedsteads, bedside tables, medical equipment) and instruments via hands and nursing aids or through dust and air turbulence. It can be reasonably concluded that surface cleaning and disinfection plays a significant role in reducing nosocomial infections. Since floor surfaces make up by far the largest proportion of all surfaces and, in addition, their germ load is many times higher than that of other surfaces, floor cleaning and disinfection are of particular importance.

The type, scope and frequency of cleaning and disinfection procedures in hospitals are determined by hygiene specialists or the hygiene commissions. It is recommended that at least daily maintenance cleaning is carried out on floors in hospitals (mostly coated elastic floors). Leading hygienists as well as the German Society for Hospital Hygiene recommend that surfaces in patient environments, such as floors, should be routinely disinfected. However, after disinfecting

maintenance cleaning, recontamination with pathogens occurs very quickly due to permanent walkover. Currently, there are no efficient methods to ensure the sustainable hygiene of resilient floor coatings, which are mainly installed in hospitals.

The research project involved the development of bioinspired coatings for the sustainable hygiene of resilient floor coatings. These bioinspired coatings are partially dissolved during daily maintenance cleaning, releasing bioinspired antimicrobial agents, so called peptide mimetics. Such peptide mimetics are based on the structures of natural antimicrobial peptides produced by a variety of organisms (e.g. microorganisms, insects, plants, amphibians, birds, fish, mammals and humans) as part of their defence mechanisms. Unlike their natural counterparts, peptide mimetics can be produced inexpensively on an industrial scale.

The peptide mimetics released from the bioinspired coatings during maintenance cleaning lead to the inactivation of pathogens: between two decontamination cycles, pathogens that come into contact with the coating are immediately inactivated (antibacterial or antiviral effect). In the case of contamination with high concentrations of pathogens (e.g. in the form of potentially infectious soiling), a disinfecting effect of the coating is initiated during maintenance cleaning or local removal under the application of a cleaning agent.

### **Bioimpedimetric monitoring of disinfection processes using polarisable membrane models (IGF 21829 N)**

In the sector of cleaning services (e. g. building and industrial cleaning, reprocessing of textiles and medical devices), digitalization has been introduced for a long time due to high cost pressure and increasing shortage of skilled workers, whereby automated processes are also important in the context of quality management.

The aim of the research project was to develop a method for the bioimpedimetric monitoring of disinfection processes based on the impedimetric analysis of polarisable membrane models attached to interdigital microelectrodes, which allows the effectiveness of decontamination measures (disinfection including

disinfectant cleaning, sterilisation) to be evaluated directly. This allows errors to be identified much more quickly and hygiene safety to be further optimised.

By including a polyelectrolyte (polyacrylic acid or polystyrene sulphonate) in the generation of liposomal membranes based on the anionic phospholipid 1 palmitoyl-2 oleoyl-sn-glycero-3-phosphorylglycerol in combination with stearylamine and cholesterol, polarisable membrane models could be produced which could be impedimetrically characterised after attachment to interdigital microelectrodes. The impedance to be measured depended on the amount of intact membrane models. Consequently, damage to the membrane models, which was accompanied by a decrease in membrane integrity or leakage of the polyelectrolyte, could be tracked impedimetrically. A measurement procedure was established by determining a suitable frequency range. Furthermore, various evaluation models were created which, among other things, enabled quantification of the membrane models or served to describe the thermo- and/or chemosensitivity of the polarisable membrane models.

Such a method for bioimpedimetric monitoring of disinfection processes would enable cleaning service providers (more than 30,000 companies) and textile service providers (approx. 2,300 companies) to independently and directly evaluate the effect of the decontamination measures they carry out for the first time.

**On-demand inactivation of microbial contamination in the dampening solution circuit of offset printing presses with 3D-printed, biodegradable hydrogels  
(IGF 21626 N in collaboration with FOGRA)**

The companies in the printing industry have high expenses arising from the regular cleaning and maintenance of the dampening solution circuits of offset printing presses to prevent biofilm formation or the commissioning of cleaning service providers.

The contamination of dampening solution circuits is becoming increasingly critical due to the constantly reduced use of isopropanol. In addition, the new

classification of conventionally used biocides means that dampening solution additives contain only small amounts of biocidal substances.

These circumstances make it necessary to release antimicrobial substances in dampening solution circuits only in specific dosages that meet specific needs, in order to prevent biofilm formation and minimize cost- and time-intensive cleaning operations.

As part of the research project, a hydrogel degradable by microorganisms was therefore developed for the on-demand release of antimicrobial peptides in dampening solution circuits from readily available and inexpensive raw materials.

The system consists of a novel microbial enzyme degradable 3D-printed hydrogel network with embedded DNA polyacrylamide microcapsules loaded with antimicrobial peptides.

The loaded microcapsules are provided with a DNA-polyacrylamide shell via an aptamer-mediated hybridization chain reaction and bound to the hydrogel network by anchor aptamers to be developed.

The microcapsules prevent uncontrolled release of the antimicrobial peptides into the humectant.

Upon contamination with bacteria, the hydrogel is degraded, resulting in the opening of the capsules and local on-demand release of the antimicrobial peptides, thus inactivating microbial contamination.

### **Evaluation of disinfection performance of catalytic UVA treatment of weakly microbially contaminated waters (Cornet 281 EN)**

The disinfection with UVC radiation is a method that has been used for decades and has been proven to be effective for example for disinfection of surfaces as well as for water with low levels of pollution (such as drinking water, sewage treatment plant effluents). UVC radiation inactivates microorganisms by damaging their deoxyribonucleic acid (DNA). Since microorganisms have DNA repair

mechanisms, this carries the risk of reactivation. In addition, the use of UVC radiation, especially for disinfecting of slightly contaminated water, is associated with not inconsiderable energy costs.

Against this background, a research project was carried out at the wfk Institute in collaboration with the Belgian cooperation partners CELABOR (project coordinator) and the Department of Chemical Engineering (focus: nanomaterials, catalysis, electrochemistry) of the University of Liège, in which a process for the photocatalytic UVA treatment of natural bathing waters was developed.

The subproject of the wfk institute focused on the evaluation of the disinfection effect to be achieved with the new photocatalytic process under UVA excitation. Investigations to elucidate the mechanism of cell damage showed that photocatalytic UVA irradiation led to a loss of membrane integrity, a decrease in membrane potential and lipid peroxidation; oxidative damage to DNA was not detected using the marker molecule 8-OhdG. Consequently, photocatalytic UVA treatment has the advantage over UVC irradiation that it damages the microbial cell membranes.

The suitability of photocatalytic UVA irradiation for the treatment of weakly microbially contaminated process waters, e.g. from textile service companies, was also investigated.

### **Stimulus-amphiphilic surfactant systems for cleaning textile floor coverings (IGF 21537 N)**

To increase the service life and to maintain the visual appearance of textile floor coverings, a frequent basic cleaning (usually annually) is necessary.

In this process, heated cleaning liquor (30 - 50 °C) is introduced into the wear layer of textile floor coverings (cleaning step) and then removed together with detached soil using fresh water (15 - 20 °C, rinsing step).

The use of surfactants in basic cleaning of textile floor coverings is indispensable, especially for the effective removal of oil- and grease-containing soiling.

Surfactants are amphiphilic molecules consisting of a hydrophilic (surfactant head) and a hydrophobic (surfactant tail) part.

Due to their amphiphilic structure, surfactants accumulate on water/air, water/material and water/soil interfaces during cleaning process and thus improve wettability of soiled textiles floor coverings with the cleaning liquor, effectively remove soilings from pile fibres and stabilize detached soiling in the cleaning liquor.

However, due to amphiphilic structure and resulting surface-active properties, surfactants are difficult to remove from pile fibers of textile floor coverings in the rinsing step.

During basic cleaning, therefore, an extensive rinsing step (use of water, duration) is necessary to reduce residual surfactant content of pile fibers. Nevertheless, residues of surfactants contained in the cleaning agents cannot be avoided.

Since surfactant residues on the pile fibers increase soil adhesion, rapid resoiling of textile floor coverings occurs.

Within the scope of the research project, stimulus-amphiphilic surfactant systems were therefore developed to minimize residual surfactant content of textile floor coverings during basic cleaning and to reduce effort required in rinsing step.

Such stimulus-amphiphilic surfactant systems exhibit reversible switchability between a hydrophilic and an amphiphilic state (hydrophilic/amphiphilic switchability) and thus switchability of their surfactant characteristics (amphiphilicity, wetting behavior, solubilization capacity) as a function of temperature (stimulus).

As a stimulus for hydrophilic/amphiphilic switchability, changes in temperature occurring during basic cleaning are used (see above).

Stimulus-amphiphilic surfactant systems are therefore highly efficient in wetting pile fibers and removing soil in the cleaning step and exhibit a high solubilization capacity for soiling (amphiphilic state of the stimulus-amphiphilic surfactant systems).

In the rinsing step (hydrophilic state of the stimulus-amphiphilic surfactant systems), surfactant systems can be completely detached from pile fibers with little effort (reduced water requirement, duration).

## **Immobilizable Scorpion Primers for the Detection of viral pathogens (IGF 21453 N)**

Viruses are contagious, sometimes highly infectious pathogens that can spread rapidly and lead to outbreaks of disease with many people affected. Viral pathogens can persist on inanimate surfaces. Compliance with hygiene guidelines is therefore an essential step in the fight against virus-related infections. It is possible to break chains of infection through targeted cleaning/disinfection measures. However, the disinfectant cleaning of surfaces or disinfectant reprocessing of textiles requires effective control measures as part of hygiene management.

The aim of the project was to develop immobilisable Scorpion Primers that enable the detection of viral pathogens. The principle of detection is based on the specific recognition of viral pathogens by stimulus-sensitive liposomes which release specific, synthetic DNA strands (DNA: deoxyribonucleic acid) when binding to viral pathogens. Stimulus-sensitive liposomes contain antibody-functionalised fatty acid derivatives in their membranes to which the viral pathogens bind, leading to destabilisation of the liposomal membrane. The released strands are amplified isothermally using surface-bound Scorpion Primers whereby a fluorescence signal is generated. The specific design of the synthetic DNA enables the regeneration of the surface-bound Scorpion Primers.

Liposomes prepared with DNA and functionalised with antibodies were produced which were destabilised upon binding to a viral pathogen (bacteriophage M13). Scorpion Primers were developed that changed into their fluorescent conformation when the DNA was amplified and that were bound to surfaces without impairing their functionality. An enzyme (*HaellI*) has been identified that cuts single-stranded DNA and is in principle suitable for the regeneration of Scorpion Primers. A method for isothermal amplification of the released DNA using the surface-bound Scorpion Primers was established which is called Helicase-dependent amplification (HDA). When testing the developed detection, a fluorescence signal was generated in the presence of phages.

---

**Artificial intelligence for determining the slip resistance class of  
installed resilient floor coverings  
(IGF 21357 N)**

In Germany, over 175,000 trip, slip and fall accidents occurred in workplaces in 2018. Responsibility for compliance with the legal requirements for slip resistance of floor coverings is increasingly being contractually transferred to the building cleaners.

Claims for damages are passed on directly to the building cleaners, who then have to prove that improper cleaning and maintenance was not the cause of the accident.

There is currently no profitable method available to building cleaners for in-house monitoring of slip resistance. The implementation of a test procedure recommended by BGI/GUV-I 8687 is associated with considerable personnel and time costs.

The aim of the research project was to develop an automated, non-destructive method for on-site determination of the R-class of resilient floor coverings. Such a measurement procedure can be realised using artificial intelligence, which calculates the R-class based on characteristic parameters of elasticity, viscosity, plasticity, roughness and adhesion (material/surface properties of the floor covering) as well as temperature and humidity. The measured values are determined by three different measuring devices (laser distance sensor, 3-axis and 1-axis force sensor) integrated in a self-propelled, automatically controlled measuring unit.

The research project demonstrated the potential of artificial intelligence in the prediction of slip resistance classes and their application in the prevention of slip accidents. The integration of AI models in measurement units enables a fast and accurate determination of the slip resistance of floor coverings.

---

**Dynamically crosslinked maintenance coatings  
for resilient floor coverings  
(IGF 21338)**

Elastic floorings are treated with floorcare products to increase lifetime and maintain optical properties.

Floorcare coatings improve soiling, cleaning and wearing behavior of elastic floorings and provide protection against scratches, abrasion and walking imprints.

However, floorcare coatings have a limited service life as they are worn down by mechanical stress during use.

As a result, protection of elastic floorings against mechanical wear and/or against migration of permeating soil components (barrier effect) is reduced or eliminated.

Especially for areas of heavy use, basic cleaning is necessary on a regular basis, where old coating has to be removed completely and new coating is applied. Renewal of floorcare coating is very time-, personnel- and cost-intensive and leads to considerable delays in operation of building operator.

A partial renewal of conventional floorcare coating is currently associated with considerable effort: Surface of old coating is sanded down and new floorcare product is applied afterwards.

After drying (at least 2 h), areas where renewed and old coating overlap must be aligned by mechanical treatment. Despite alignment, partial renewal of floorcare coating often results in visible areas between renewed and old areas.

In the case of soil migration into the floorcare coating, partial renewal is not possible. Since old coating is not removed completely, soil embedded in the coating would also remain on elastic flooring. Dynamically cross-linked floorcare coatings for elastic flooring were therefore developed in the research project.

Such coatings are highly resistant to mechanical stress during use and can be renewed with little effort, either partially or completely. Removal or pre-treatment of old coatings is not necessary. Linkage points of polymer network (dynamic

covalent bonds) of such dynamically cross-linked floorcare coatings are in a temperature-dependent equilibrium.

Here, a dynamic, covalent bond is only broken when a new bond is formed at the same time (associative bond exchange), i.e. number of linkage points in the network and consequently its cohesive force remain the same.

Under conditions of use (room temperature), speed of associative bond exchange reactions in polymer network is negligible, so that dynamically cross-linked floorcare coating is in a solid state of high dimensional stability and wear resistance.

Under regeneration conditions (temperature e.g. 90 °C), associative bond exchange reactions in the polymer network are fast, and dynamically cross-linked floorcare coating is in a flowable, mechanically deformable state. Local damage is automatically compensated.

Dynamically cross-linked floorcare coating from peripheral areas of the local damage flows into these cavities and fills them (thermally induced self-healing of the dynamically cross-linked floorcare coating).

In the case of extensive damage, partial or full-surface renewal of dynamically cross-linked floorcare coating is possible with the formation of a homogeneous polymer network.

Application or reapplication (e.g. spray application) of the dynamically cross-linked floorcare coating is carried out in form of liquid, low-viscosity prepolymers in which dynamic covalent bonds are already present. The polymer network of floorcare coating is formed via thermally initiated radical polymerisation of the prepolymers.

In the presence of old dynamically cross-linked floorcare coating on elastic flooring, thermal treatment and resulting rapid bond exchange reactions lead to the formation of a homogeneous network of old and new coating.

A fast, targeted temperature increase and a homogeneous temperature distribution are achieved by NIR absorbers embedded in the dynamically cross-linked floorcare coating (excitation with suitable light sources, e.g. NIR LEDs).

If soil enters the network structure, it is also possible to partially or completely remove dynamically cross-linked floorcare coating. Due to the high cohesive strength of the dynamically cross-linked floorcare coating with simultaneous low adhesion to elastic flooring (removal of mechanical anchoring of coating in the flooring due to its flowability as well as temperature-related weakening of physical-chemical interactions between coating and flooring) under regeneration conditions, coating can be detached from the elastic flooring over the entire surface (e.g. in strips) using a suitable sharp-edged tool (e.g. stainless steel scraper).

**Quasi-liquid coating systems  
based on trifunctional polymers for generating oil- and  
water-repellent surfaces  
(IGF 21239 N)**

Regular facade cleaning is essential for maintaining the value of an object. In particular cleaning of porous facade materials (e.g. plaster, concrete) is challenging because stubborn soils often penetrate deep into these construction materials and become embedded in the porous structure.

The main causes for soiling of facades are ubiquitous industrial and traffic-related emissions as grease- and oil-like substances or diesel soot.

Grease- and oil-like substances wet the surface of the facade materials and form a firmly adhering, sticky film (primary soiling), which promotes the accumulation of further dirt components (secondary soiling, e.g. soot).

Nutrients and humidity contained in soil also promote growth of moss and algae or mold infestation of facades (secondary microbial infestation). Since stubborn soiling penetrates particularly deeply into porous facade materials, it can often only be removed with great effort and the use of large quantities of cleaning chemicals.

Quasi liquid coating systems for generation of oil and water-repellent surfaces on porous facade materials were therefore developed. Such quasi-liquid coating

systems are based on trifunctional polymers, consisting of a polydimethylsiloxane (PDMS) group and a solvophilic covalently crosslinkable substrate affine group.

In aqueous solution, the trifunctional polymers form association colloids by aggregation of the PDMS groups, whereby the solvophilic covalently crosslinkable substrate affine group shield the PDMS groups from aqueous phase and provide high water solubility of the colloids.

After application, association colloids accumulate on facade surface during drying process. Due to the inversion of polarity at the interface (water to air), the subsequent opening of the association colloids occurs with the formation of a layer of aligned PDMS chains on the surface of the porous facade material.

Covalent bonds between trifunctional polymers and components of the facade material lead to high adhesion and stability of the quasi-liquid coating system formed in this way.

The high mobility of the aligned PDMS chains of the quasi-liquid coating system ensures that even liquids of low surface tension are repelled by coated porous facade materials and slide off.

This can significantly slow down the soiling of coated facades. The continued good wettability of the quasi-liquid coating systems by water also enables simple, fast and gentle aqueous cleaning of coated porous facade materials.

### **Convergence amplification and fluoroswitch detection for the detection of hygiene-relevant ESKAPE pathogens (IGF 21186 N)**

The aim was a cultivation-independent detection for the simultaneous detection of all six nosocomial ESKAPE pathogens (Enterococcus faecium, Staphylococcus aureus, Klebsiella pneumoniae, Acinetobacter baumannii, Pseudomonas aeruginosa and Enterobacter spp.) for monitoring the hygiene status of disinfected surfaces in medical facilities.

Simultaneous detection of individual cells is based on isothermal convergence amplification of specific DNA target sequences, which produces a uniform amplification product (amplicon) as a sum parameter.

The amplicon is detected by an immobilized fluoroswitch in which the amplicon binds to a complementary DNA immobilized on the surface of gold nanoparticles bearing a quantum dot at the free end. Its fluorescence is suppressed (switch off) due to the conformational proximity between the quantum dot and the gold particle. Upon binding of the amplicon, the forced conformation of the DNA is lifted; the DNA stretches and the quantum dot shows strong fluorescence due to the increased distance to the gold surface (switch on).

The fluoroswitch is regenerable and can be used for numerous detection reactions. The detection allows the detection of single cells of the ESKAPE pathogens within 45 minutes.

### **Inverse streamer corona discharge for dry disinfection of textile floor coverings with electrode pile (IGF 21108 N)**

The aim of the research project was the dry disinfection and deodorization of textile floor coverings by means of inverse streamer corona discharge. For this purpose, functional models of textile floor coverings with 3D electrodes made of conductive threads (electrode pile) integrated in the base and wear layer were developed, as well as a functional model of a cleaning device for generating streamer corona discharges that is adapted to such floor coverings. For the development of the cleaning device, a high voltage source and an electrode of suitable geometry as well as a supply and exhaust air system were integrated into a customary brush vacuum cleaner. As before, dirt is removed by brush vacuuming in a single operation. Furthermore, suitable electrode and process parameters (e.g. voltage and frequency of the alternating voltage, electrode geometry and distance) for efficient dry germ reduction and deodorization of textile floor coverings with electrode pile were researched. This ensures that germ reduction and deodorization of the textile floor covering were achieved through the entire wear layer down to the base layer by means of an inverse streamer corona discharge. With the

developed corona brush vacuum cleaner under optimized process conditions, germ reduction as well as odour and stain removal without damaging the textile floor covering were reached. The achieved germ reduction is limited by the limitation of the applied effective power due to textile damage. However, since the developed method is to be applied during regular daily maintenance cleaning, it can be assumed that the repeated application of the corona discharge will sufficiently remove the microorganisms. Both manufacturers of textile floor coverings and cleaning service providers will benefit from the project results, as an innovative process for dry germ reduction and deodorization of textile floor coverings with electrode pile was developed as part of daily maintenance cleaning, which will improve their economic situation. Since this process, in contrast to the full-surface disinfection of commercially available textile floor coverings within the scope of intermediate and basic cleaning, does not impair the operation of the facility operator through long drying times, high acceptance and demand can be expected.

**Fluorescence quantification of bacterial endospores  
using aptazymepairs and molecular beacons  
(IGF 21043 N, in cooperation with FKT)**

The aim of the research project was to develop a method for the simultaneous quantification of endospores (total spore number) and endospores of hygiene-relevant bacteria (e.g. *C. difficile*, *B. cereus*): This can be realized by developing aptazyme pairs and molecular beacons specially designed as nucleozyme substrates, whereby the aptazymes of a pair cleave the same substrate.

The first aptazyme of a pair is activated upon binding of a primary target molecule (concentration proportional to spore number) and cleaves the molecular beacon, releasing a fluorophore and a quencher. The released quencher serves as an induced target molecule for the second aptazyme. Thus, the number of induced target molecules doubles with each substrate cleavage, leading to the exponential increase in the number of induced target molecules and released fluorophores with increasing incubation time (exponential signal increase).

In the future, the project results will provide cleaning service providers and textile service providers with a method which, for the first time, will enable them to evaluate the spore load of surfaces, textiles and process waters within the framework of in-house self-monitoring and thus to monitor the success of decontamination measures they have undertaken. If endospores (e.g. *C. difficile*, *B. cereus*) are detected, appropriate measures can be taken immediately for spore decontamination and hygiene safety can be further optimized.

### **Duplex amplification method for in situ rapid detection of hygiene-relevant germs on flexible endoscopes (IGF 20900 N)**

The aim of the research project was an in-situ rapid detection of hygiene-relevant germs on internal and external endoscope surfaces according to Annex 10 of the Guideline for the Validation of Endoscope Reprocessing Procedures. The detection of individual hygiene-relevant germs is based on the selective labelling with aptamers of DNA, which can be quantitatively separated from the germs after labelling by thermal denaturation and eluted from the endoscope.

Recovered aptamers are bound by hybridization to complementary DNA sections (oligonucleotides) on specific evaluation fields for the detection of *S. aureus*, Enterobacteriaceae, Pseudomonads and Enterococci in one evaluation unit. Aptamers are detected by a duplex amplification method. Spherical DNA hybrid aggregates (SDHA) first bind to the aptamers, which carry numerous initiator oligonucleotides in addition to the oligonucleotides necessary for binding to aptamers. In a subsequent step, numerous metastable

Carbon Quantum Dot functionalized oligonucleotides are bound to the initiator oligonucleotides in a hybridization chain reaction, resulting in high-molecular fluorescent products that can be visually evaluated without further aids when excited with UV light.

The cleaning and hygiene service providers increasingly entrusted with the reprocessing of medical devices and the reprocessing units for medical devices operated by the medical institutions themselves are provided with an in-house and inexpensive rapid detection system for independent in-house testing of the reprocessing quality of flexible endoscopes.

### **Temperature connective polyurethane coating for elastic floorings (IGF 20899 BG)**

The aim of the research project was a temperature-connective polyurethane (PU) coating made of specially developed thermoplastic polyurethanes with thermally switchable crosslinking functions as end groups (cooperative TPUs). Such a temperature-connective PU coating enables an efficient renovation of resilient floor coverings: on the one hand, it is possible to renew them completely or partially, and on the other hand, it can be structured by means of embossing moulds.

By means of embossing, properties relevant to floor coverings (e.g. optical appearance, slip resistance, soiling behaviour) can be adjusted during manufacture and maintained during the service life by restructuring.

The temperature-connective PU coating shows a reversible change of its crosslinking state as a function of temperature, whereby it wets the floor covering homogeneously under application conditions (low-viscosity state), enables effective structuring in the embossing process (high-viscosity state) and exhibits high mechanical stability under conditions of use (solid state). High adhesion during use is achieved by temperature-connective wear layers of elastic floor coverings, which form reversible bonds to the temperature-connective PU coating. The project results provide an innovative coating for elastic floor coverings to the predominantly small and medium-sized cleaning service providers and the manufacturers of elastic floor coverings. Due to the efficient renovation of floor coverings with such a coating, the costly use of renewable maintenance films can be dispensed with, resulting in economic advantages for cleaning service providers. Manufacturers of resilient floor coverings can further expand their market share or open up new sales markets.

### **Electronic performance indicator for commercial dishwashers (IGF 20833 N)**

In addition to the preparation and provision of meals, the services in the catering trade also include the reprocessing of used working materials, tableware including glasses and cutlery by using commercial dishwashing machines. In order to keep the consumption of water, energy and cleaning products in dishwashing processes low and to avoid bad washing results, it is advisable to tailor the dishwashing processes individually to the requirements of the respective operator as well as to the requirements of modern dishwashers operating with the lowest possible consumption values. Operator specific requirements include the amount and type of tableware, the amount and type of dirt, drying time etc. Bad washing results are always associated with a hygiene risk.

Against this background, an electronic performance indicator was developed at wfk-Institute in cooperation with the Fraunhofer Institute for Microelectronic Circuits and Systems, which consist of a non-conductive carrier material (ceramics) on which electrode areas with application specific geometry are located. The electrode area is contaminated with a test organism (e. g. *E. faecium*, *M luteus*) to evaluate the disinfection performance and with a test contamination (e. g. ketchup, egg yolk, starch) to evaluate the cleaning performance. An uncontaminated electrode area on the electronic performance indicator serves to record the residual moisture or to evaluate the drying capacity, which is moistened and dried by the rinsing process. Measurement and evaluation methods were developed for the impedimetric analysis of contamination and residual moisture on the electrode area. For this purpose, measuring parameters were defined and models were created to describe the functional relationship between the amount of contamination or residual moisture on the electrode area and the impedance; in addition, a humidity correction model was created for the respective contamination. The models enable an automated evaluation of the performance indicator. Restaurant and catering companies, other food preparation and processing companies, manufacturers of dishwashing machines and detergents as well as the predominantly small and medium-sized cleaning and hygiene service providers can use the electronic performance indicator to check and optimize the dishwashing processes they use.

---

**Piezoelectric MRSA detection under coupling of  
photoinduced acoustic waves  
(IGF 20831 N)**

The aim of the research project is a piezoelectric sensor that allows an immediate, highly sensitive quantification of MRSA in situ (piezoelectric MRSA detection).

The detection principle is based on the coupling of photo-induced acoustic waves into a piezoelectric material oscillating in resonance after binding of living MRSA cells and marking of bound MRSA cells by antibody-functionalized acoustic probes. Irradiation with pulsed monochromatic light induces periodic temperature changes of the acoustic probes, which lead to the formation of acoustic waves (photoinduced acoustic waves).

When the photo-induced acoustic waves reach the piezoelectric material, they are coupled into it and interfere with the electrically induced acoustic wave present there. The amplitude of the resulting acoustic wave depends directly on the number of labelled MRSA cells bound to the piezoelectric material.

By means of the piezoelectric MRSA detection, cleaning and hygiene service providers can directly prove the success of cleaning/disinfection measures carried out to the hygiene commission in hospitals. If necessary, corrective measures can be initiated immediately.

Critical points (frequent skin/hand contact) can be determined by the hygiene commission and regularly examined by cleaning and hygiene service providers for MRSA contamination. With the data obtained, hygiene professionals can optimize hygiene plans and improve strategies to avoid contamination, which are essential for the prevention of nosocomial MRSA cases and the containment of MRSA spread.

---

**Plasma-active care coating based on intumescent cross-linking agents for the plasma-based dry decoating of elastic floorings (IGF 20829 N)**

Within the IGF-precursor project 18035 BG, a plasma-based dry decoating process was developed as an alternative to wet-chemical basic cleaning of elastic floor coverings with the associated cleaning machine technology, in which the use of water and chemicals is dispensed with; furthermore, the personnel expenditure is reduced and drying times before re-filming are eliminated.

The new process was developed in combination with a maintenance coating modified by the addition of suitable additives (e.g. olefins, in particular polyethylene waxes, intumescent or heat conducting agents).

However, this modified maintenance film is not suitable for all resilient floor coverings and only for areas of low stress due to reduced adhesion and abrasion resistance compared to conventional maintenance films.

The aim of the research project is to develop a plasma-active maintenance film based on intumescent crosslinkers with optimized adhesion and abrasion resistance for use in areas of high stress, which allows plasma-based dry decoating:

This can be realized by developing a two-layer maintenance film consisting of a wax-containing release layer with included long-chain carboxylic acids and thermal conduction agents and a layer containing an intumescent polymer network. The intumescent polymer network is generated from a commercial care dispersion and a specially developed intumescent crosslinker. The results of the project will provide an economical method for the basic cleaning and re-filming of elastic floor coverings, which is characterized by a high area performance and the elimination of drying times.

### **pH-sociated floorcare coatings for elastic floorings (IGF 20734 N)**

Elastic floorings are treated with floorcare products to increase lifetime and maintain optical properties. Floorcare coatings improve soiling, cleaning and wearing behavior of elastic floorings and provide protection against scratches, abrasion and walking imprints. However, floorcare coatings have a limited service life as they are worn down by mechanical stress during use. As a result, protection of elastic floorings against mechanical wear and/or against migration of permeating soil components (barrier effect) is reduced or eliminated. Especially for areas of heavy use, basic cleaning is necessary on a regular basis, where an old coating has to be removed completely and new coating is applied. Renewal of a floorcare coating is very time-, personnel- and cost-intensive and leads to considerable delays in operation of building operator.

In the research project pH-sociated floorcare coatings, which have high wear resistance and high barrier effect against soil components during use (associated state) and which can be quickly removed during basic cleaning (dissociated state) were therefore developed. For the development of pH-sociated floorcare coatings, functional principles of biological systems (reversible association to stable hierarchical structures through cooperativity of hydrogen bonds and dissociation by hydrolytic cleavage of the primary structure) were taken up and transferred to bioinspired polyacrylates.

Bioinspired polyacrylates have pH-switchable cross-linking functions in their side chains and pH-cleavable functions in their main chain. pH-switchable cross-linking functions of the bioinspired polyacrylates can form binding interactions (cooperative hydrogen bonds) with each other as well as with urethane groups on the elastic flooring. As a result, the pH-sociated floorcare coatings have a high mechanical stability as well as a high adhesion to elastic flooring under conditions of use. High degree of cross-linking also leads to a high barrier effect of pH-sociated floorcare coatings against soil components.

The network of bioinspired polyacrylates is broken during basic cleaning by elimination of bonds formed by the pH-switchable crosslinking functions and hydrolysis of the pH-switchable functions to form charged, water-soluble, short-chain

polymers. Due to conversion into water-soluble polymers, pH-associated floorcare coatings can be removed quickly under common conditions, consequently, allowing a reduced effort to renew the floorcare coatings.

### **Magnetostrictive Snap Sensitizing sensor for monitoring microbiological water quality (IGF 20697 N)**

The aim was a Snap Sensitizing sensor for the control of the microbiological water quality, e.g. according to drinking water regulations. The sensor consists of 5 magnetostrictive sensor sections. The surfaces of the sensor sections 1-5 are functionalized with specific aptamers that bind *E. coli*, coliform germs, enterococci, *P. aeruginosa* and legionella. On the sensor section surfaces there are movably anchored gold microparticles (GMP), which are functionalized with the respective aptamers.

The bacteria are bound by a snap sensitizing mechanism: a complex of GMP and bacteria is inelastically bound to the sensor section surface. This leads to a strong shift in the resonance frequency of the magnetostrictive sensor section, which can easily be measured. Therefore, a single cell can be detected for the first time with a magnetostrictive sensor section. The determination of the total bacterial count on sensor section 6 is carried out without snap sensitizing mechanism due to the lower necessary detection sensitivity. The sensor can be thermally regenerated at least a hundred times and can be integrated into the water-bearing system as a bypass.

Aptamers with specificity towards *E. coli* or legionella were identified for the binding of target microorganisms on the respective sensor sections. An aptamer for the binding of phylogenetically different bacteria (total bacterial count) was identified and characterized. Aptamer binding was successful in water with different qualities. The binding of aptamers was reversible by thermal treatment and therefore the sensor section would be regenerable. The immobilization of aptamers on gold-plated sensor surfaces was successfully established. Subsequently, sensor sections could be generated for the binding of *E. coli* and legionella or for the

binding of total bacteria. It was possible to measure the resonance frequency of the magnetostrictive sensor sections using a simple network analyzer.

This measurement setup was suitable to detect contactless minimal changes of the mass on the sensor section, which were able to be built in a water bearing system.

### **Care coatings from liquid membrane separated complementary phase dispersions (IGF 20504 N)**

The aim of the research project was to develop liquid membrane separated complementary phase dispersions for the single-stage application of care coatings with high resistance and barrier effect against soil components on elastic floor coverings.

These dispersions consist of cationic polymer particles (cationic complementary phase) separated from anionic polymer particles (anionic complementary phase) by charge neutral spherical liquid membranes. The liquid membranes prevent the aggregation of the oppositely charged complementary phases in the dispersion.

The liquid membranes are designed by synthesis of special amphiphilic molecules in such a way that the cationic complementary phase separated by the liquid membrane accumulates near the floor covering after application of the dispersion at the beginning of the drying process.

During the progressive drying process, the integrity of the liquid membranes is lost, which leads to the release of the cationic complementary phase and its local mixing with the adjacent anionic complementary phase; the complementary phases aggregate due to electrostatic interactions and form a layer close to the ground characterized by cationic polymers.

Due to the rapid aggregation there is no complete mixing of the lower cationic with the upper anionic complementary phase; the upper top layer is thus characterized by anionic polymers.

Due to the high degree of cross-linking, the care coatings obtained showed a high resistance and barrier effect against dirt components, so that the expenditure for

maintenance cleaning and basic cleaning including re-coating could be significantly reduced without dirt components migrating into elastic floor coverings and irreparably damaging them.

**Disinfection and deodorization of textile floor coverings with plasma-activated water vapour during daily maintenance cleaning  
(IGF 20437 N)**

The aim of the research project was to develop a process for disinfecting and deodorising textile floor coverings on the basis of plasma-activated water vapour:

To this end, suitable process control, i.e. suitable plasma and process parameters, was developed. Furthermore, a functional model of a DBE brush vacuum cleaner (DBE: dielectric barrier discharge) was designed, which is equipped with an innovative plasma technology.

The main components are DBE nozzles and an evaporator for generating water vapour, combined with standard brush rollers. The plasma-activated water vapour generated was used to disinfect and deodorise the treated floor coverings. As before, dirt was removed by brush suction in a single operation. The new process can be used for daily maintenance cleaning of textile floor coverings, i.e. for full-surface hygiene and dirt removal, as well as for stain removal or cleaning and disinfection of local, potentially infectious soiling.

The project results will provide the cleaning service providers with a highly innovative cleaning process for disinfecting and deodorising textile floor coverings as part of daily maintenance cleaning.

Since only very small quantities of water are introduced into the textile floor coverings during disinfecting and deodorizing cleaning, these can be gently cleaned and immediately walked on again. Furthermore, no chemicals are required. By increasing their market shares, cleaning service providers can significantly improve their economic situation.

---

### **MRSA detection based on up-conversion glassfibres (IGF 20304 N)**

The aim of the research project was to develop an optochemical sensor that enables MRSA to be detected directly on site. The optochemical sensor contains an upconversion glass fiber, i.e. phage-functionalized upconversion particles (UCPs) are bound on the surface of the glass fiber and serve as sensors. When NIR light is passed through the upconversion fiber, the UCPs are excited to luminesce, the luminescent light is coupled into the fiber and detected at the photodetector.

The detection principle of the optochemical sensor is based on the quenching of the luminescence of phage-functionalized UCPs after binding of living *S. aureus* cells and labeling of bound MRSA cells by antibody-functionalized gold nanoparticles, which reduces the intensity of the luminescent light. The optochemical sensor allows immediate identification and isolation of MRSA-colonized patients. Using the sensor, cleaning and hygiene service providers of the Hygiene Commission of Hospitals can immediately demonstrate the success of cleaning/disinfection procedures performed. If necessary, corrective measures can be initiated immediately.

Critical points that are subject to frequent skin/hand contact can be determined by the Hygiene Commission and regularly examined by cleaning and hygiene service providers for MRSA contamination.

With the help of the data obtained, hygiene specialists can continuously optimise hygiene plans and improve strategies for avoiding contaminations, which are of essential importance for the prevention of nosocomial MRSA cases and the containment of the spread of MRSA, with the cooperation of external service providers.

---

**Magneto spumaric particles for residue-free cleaning  
of textile floor coverings  
(IGF 20214 N)**

The aim of the research project was the residue-free cleaning of textile floor coverings using magneto-spumaric particles. A dispersion of these particles is injected with air into the wear layer of the textile floor covering and foamed, whereby the foams completely penetrate the wear layer.

Due to their amphiphilic properties, the magneto-spumaric particles detach hydrophobic and hydrophilic soilings from the pile fibres by being embedded in the foam structure. Due to the magnetic properties of the magneto-spumaric particles, the foam can then be removed residue-free together with included soiling using a specially developed magnetic brush vacuum cleaner. Since only very small amounts of water remain in the wear layer, the cleaned textile floor covering can be walked on again directly, i.e. long drying times are no longer necessary.

The project results will provide the cleaning service providers with an efficient process for residue-free cleaning of textile floor coverings which, compared to conventional basic cleaning by means of spray extraction, is characterised by a significantly higher area performance.

**Self-regenerating, fluorine-free, hydrophobic and oleophobic finishing  
of textile materials based on self-opening micelles  
(IGF 20153 N, in cooperation with FKT)**

The aim of the research project is a self-regenerating, fluorine-free, hydrophobic and oleophobic finishing for textile materials based on self-opening micelles. The finishing consists of copolymers with polydimethylsiloxane (PDMS) side chains, which form micelles (PDMS micelles) in the aqueous finishing liquor, and a cross-linking matrix for immobilizing the PDMS micelles on textile materials. After application (dipping process for finishing textiles, spray application for finishing textile floor coverings), a dense matrix is formed during the drying process, which contains a statistical distribution of the PDMS micelles. PDMS micelles present at the interface with the air open automatically due to the inversion of polarity at the interface and repulsive interactions in the micelle nucleus during the drying

process. This results in the formation of a monolayer of aligned PDMS side chains on the surface of the equipment. Due to the low surface energy and the high mobility of the aligned PDMS chains, both water and oils are repelled by this equipment. PDMS micelles present in the matrix do not open during the drying process due to steric hindrance by the surrounding matrix. Mechanical removal of the top layer of equipment exposes and opens the next layer of PDMS micelles, repeating the process of forming an aligned PDMS chain monolayer. The project results will for the first time provide a process for fluorine-free, hydrophobic and oleophobic finishing of textile materials.

**Monitoring of microbiological water quality by detection of microbial indicator enzymes using a bioelectric flow cell  
(IGF 19998 N, in cooperation with FKT)**

The aim of the research project is a bioelectric flow cell for the determination of the microbiological water quality (determination of indicator germs and total bacterial count) within the scope of a self-monitoring process. The bioelectric flow cell consists of an enrichment chamber, in which the microorganisms are concentrated and digested (cell lysis), and a detection chamber, in which the indicator enzymes from the cell lysate are used to electrochemically quantify the microorganisms. For this purpose, the indicator enzymes are bound to specific enzyme inhibitors immobilised on working electrodes and then marked by mediators. If small amounts of a redox-sensitive substance are added, electron transfer processes favoured by the mediators are detected voltammetrically. By selecting the immobilized enzyme inhibitors, a selective binding of different indicator enzymes is possible, so that the highly sensitive determination of individual indicator germs and the total number of germs can be carried out using the bioelectric flow cell. The specific enzyme inhibitors immobilised on the working electrodes can be regenerated after the measurement. The new method enables the fully automated determination of the microbiological water quality. Using the developed bioelectric flow cell, the microbiological water quality of e.g. swimming pool/bath basin water or process water used in the rinsing phase can be determined quickly and cost-effectively during disinfecting textile processing. The hygiene safety is optimised,

since errors in process sequences can be identified more quickly and corrective measures can be initiated immediately.

### **Shock wave-based cleaning method for wet barefoot areas (IGF 19949 N)**

Daily maintenance cleaning and disinfection of wet barefoot areas involves a great deal of effort and requires up to five work steps. This results in high time and personnel requirements and low area output. The aim of the research project is to achieve efficient maintenance cleaning of wet barefoot areas with radial shock waves: The removal of soiling by radial shock waves and water is based on the targeted input of mechanical energy into the interfaces water/soiling and soiling/floor covering. When radial shock waves hit these interfaces, acoustic energy is converted into mechanical energy due to the differences in impedance between water and dirt or dirt and floor covering. The entry of mechanical energy leads to a "blast off" of the dirt from the ceramic floor covering.

With the shock wave-based method, a considerably higher area output can be achieved compared to conventional methods, since the number of necessary operations can be reduced by up to three operations: Wetting with water before application of the cleaning agent (to protect the joint material) and removal of cleaning agent residues that can impair soiling behaviour and slip resistance are no longer necessary, as no cleaning agents are used. Furthermore, the disinfectant can be applied directly after the removal of dirt in the same operation.

### **Test system for the evaluation of wettability and surface cleanliness (IGF 19864 N, in cooperation with FOGRA)**

An important parameter for the characterization of surfaces is their wettability. Good wettability is an absolute prerequisite for achieving a homogeneous coating in bonding, painting and printing processes. The change in wettability can also be used to derive the purity of a surface and to obtain information on soiling and cleaning quality since impurities mask the surface. In a laboratory, the wettability can be determined with expensive laboratory equipment using various test liquids,

which is however too costly or impracticable for practical operations (cleaning companies). Here test inks are used for fast measurements. However, the values determined with different test inks can deviate massively from one another on individual surfaces or do not correlate with laboratory values and largely coincide on others. According to the working hypothesis of the applicants, the reason for this is that the ink sets on the market do not differentiate between strongly disperse or predominantly polar interactions between inks and surfaces. This is to be taken into account in the development of new test inks planned here. It is planned to develop a test ink set for strongly disperse and a set for predominantly polar surfaces and to select by means of a master ink which of the two ink sets is suitable for the respective surface. The aim of the project is the waste avoidance at foil printing and varnishing plants and thus cost reduction as well as the development of a procedure for the examination and documentation of cleaning methods for areas in which the surfaces to be cleaned vary strongly and in addition the examination of large test surfaces is necessary.

**Enzyme Janus particle indicator for controlling  
the hygiene status of surfaces  
(IGF 19852 N)**

The aim of the proposed research project is to determine the hygiene status of surfaces using enzyme nanoparticle indicators. These consist of enzyme-janus particle complexes in which the activity of the enzymes is inhibited by functionalised janus particles and a specific chromogenic substrate included in a hydrogel matrix. The detection principle is based on the restoration of the enzyme's activity when the functionalized Janus particles used for inhibition are bound to living microorganisms and the enzyme-janus particle complex is eliminated. The chromogenic substrate is converted by the active enzymes to form a colored water-insoluble fission product so that a visually perceptible color change occurs. The functionalization of the janus particles with suitable microorganism-binding agents enables the selective detection of hygiene-relevant microorganisms (functionalization with antibodies) or the determination of the total bacterial count (functionalization with lectins) using enzyme-janus particle indicators. The project results provide the approx. 20,000 cleaning service providers (mainly SMEs) with a method for the rapid

determination of the hygienic condition of surfaces, which can be carried out cost-effectively within the framework of a self-check without the use of complicated evaluation systems. This enables any necessary corrective measures to be initiated immediately and hygiene safety to be optimised. By using the new process, cleaning service providers can drastically reduce the costs of hygiene controls. Furthermore, the new process can also be used by the 2,300 textile service providers (mainly SMEs), which regularly carry out hygiene controls as part of their hygiene quality management systems.

### **Real-time hygiene monitors based on stimulus-sensitive liposomes (IGF 19849 N, in cooperation with FKT)**

The aim of the research project is to develop real-time hygiene monitors based on stimulus-sensitive liposomes for the selective detection of a specific nosocomial pathogen (e.g. as indicator germ or in case of infection) in real time. The detection principle is based on the destabilization of stimulus-sensitive liposomes when the pathogen binds, which leads to the release of an included chromogenic substrate from the liposomes. The substrate is converted by enzymes embedded in the monitor matrix to form a colored cleavage product. When a sufficient amount of a specific nosocomial pathogen for an infection is reached (minimum infection dose), the colour changes. As an example, real-time hygiene monitors are being developed for various relevant specific nosocomial pathogens, which can be used both to detect an indicator germ and in the case of infection to optimize hygiene measures. The application is carried out by gluing the hygiene monitor onto areas of textiles and surfaces susceptible to contamination that are subject to frequent skin/hand contact.

The project results will for the first time provide the approx. 2,300 textile service providers and 20,000 cleaning service providers with a real-time hygiene monitor for the detection of microbial contamination by a specific nosocomial pathogen on textiles and surfaces.

---

**Stimuli-connective surfactant systems for residue-free local  
soil removal from textile materials  
(IGF 19847 N)**

The aim of the proposed research project is the residue-free removal of local soiling, e.g. from textile floor coverings, using stimuli-connective surfactant systems (network-forming, polymerizable surfactants and liquid phase). Such stimuli-connective surfactant systems change their cross-linking state depending on external stimuli (mechanical stress, UV radiation). As a result, they completely wet and penetrate the wear layer of the textile floor covering during application (weakly physically cross-linked state due to mechanical stress during application) and have good adhesion during application (strongly physically cross-linked state due to elimination of mechanical stress after application). Through polymerization initiated at the surface, they can then be chemically crosslinked with diffusion-controlled separation and removed from the surface of the floor covering as a solid film without leaving any residues (chemically crosslinked state by UV radiation).

The impurities detached from the stimuli-connective surfactant systems are incorporated into the surfactant systems due to physical-chemical interactions and removed from the wear layer together with these during diffusion-controlled separation. The project results provide the approx. 20,000 cleaning service providers (mainly SMEs) with an efficient process for residue-free removal of local soiling, which leads to a greatly reduced personnel requirement for local removal of soiling and thus to major savings in the cleaning of textile floor coverings. The removal of local soiling is also of central importance in textile processing, so that the textile care industry (over 5,500 companies, mainly SMEs) also benefits from the results.

**Catalytic Aptazym reporter systems for fungal spore detection  
(IGF 19702 N)**

Mould infestation in buildings is an enormous problem (economic damage estimated at € 4.0 billion/a; 4.5 million cases/a). Indoor moulds are a hygienic problem and even a very serious hazard for immunosuppressed persons. The mould infestation is not visible in 80 % of the cases and can only be detected by complex

microbiological methods. Cost-effective methods for the detection of fungal spores in the air, which can be carried out independently without the involvement of microbiological laboratories, do not currently exist. The aim of the research project is the detection of fungal spores using catalytic aptazyme reporter systems. Fungal spore specific aptazymes are produced by coupling a fungal spore specific aptamer to a DNAzyme. By binding the aptamer domain of the aptazyme to the recognition sequences on fungal spores, the conformation of the aptazyme is altered and the DNAzyme domain is activated. The activated DNAzyme domain cuts a quenched fluorescence-labelled DNA strand from the aptazyme, whereby the fluorescent dye is released from the quencher and fluorescence can be measured. The fungal spores are collected from the air in a modified impinger, which has a bypass with quartz glass section for fluorescence measurement. By using aptamers, it is possible to develop catalytic aptazyme reporter systems specific for a fungal species as well as for fungal spores in general. The application of fungal spore detection based on catalytic aptazyme reporter systems results in economic advantages for companies in the field of building cleaning or facility management, which can expand their range of services. For their customers the use of the new fungal spore detection results in further savings.

### **Energy-efficient air dehumidification based on light sensitive hydrogels (IGF 19624 N, in cooperation with IUTA)**

For the setup and maintenance of a comfortable atmosphere by air-conditioning systems, the regulation of the room humidity plays an important role in addition to the regulation of the room air temperature. On average, more energy is needed for the dehumidification than for the cooling of occupied zones to reach the comfort field. The dehumidification of the outdoor air is mostly done by an energy-intensive process based on cooling the air flow below the dew point with subsequent reheating to the desired supply air temperature. To achieve a reduction of energy and therefore operating costs, an energy-efficient dehumidification unit based on light sensitive hydrogels is developed within a joint research project of the wfk - Cleaning Technology Institute and the Institute of Energy and Environmental Technology (IUTA).

Light sensitive hydrogels change their hydrophilicity and therefore their water absorption capacity during excitation with light of the appropriate wavelength (figure 1). Due to this fact, they possess a high water absorption capacity during the dehumidification process. During the regeneration process by irradiation (UV light), the deswelling (drainage) of the light sensitive hydrogels is obtained by releasing the majority of the absorbed water from room air as fluid. In this research project, a dehumidification unit based on light sensitive hydrogels is developed, which allows the exposure of hydrogels to an optimal surround-flow during the air dehumidification process as well as an efficient light coupling and drainage in the regeneration process. By using such dehumidification units based on light sensitive hydrogels, a significant reduction in the energy demand can be achieved.

#### **Disinfection of safety shoes by plasma-activated water vapor (IGF 19288 N, in cooperation with PFI)**

Safety shoes made of leather are exposed to a high entry of perspiration due to the stable construction and long wearing times, sometimes in combination with high surrounding temperatures. Currently, there exists no suitable process to disinfect such leather shoes. Therefore, there is a strong demand for an efficient treatment process for the disinfection of safety shoes.

Thus, the aim of the research project is the development of an efficient treatment process for the disinfection of safety shoes, which allows for a disinfection and deodorization of the inner shoes by application of plasma-activated water vapour and following drying without damaging the inner shoe, the textile lining, or the safety functions.

To achieve this, a drying unit is to be developed that includes supply and exhaust air systems for plasma-activated water vapour (dry steam) and air (drying medium) into the inner shoe.

A shoe disinfection system is developed by adapting a dielectric barrier discharge plasma nozzle.

Within the scope of laboratory investigations, the hygienic (disinfection and deodorization) and gentle treatment of the inner shoe material with plasma-activated water vapour is examined.

By employing model shoes with integrated sensors (e.g. temperature, relative air humidity), that were developed for this purpose, relevant plasma and steam parameters are optimized for the realization of an automatic processing for an efficient disinfection and drying of safety shoes.

Finally, the maintaining of the safety functions of the shoes after several treatments is verified and the development of logistic concepts with RFID is carried out.

### **Nano valve nanoparticles for photoacoustic determination of hygienic status on surfaces (IGF 19241 N)**

Hygiene quality management (QM) systems are of great importance in hygienically demanding areas (e.g. food and pharmaceutical industry, cosmetics and health sector). Hygiene and disinfection plans comprising regular cleaning and disinfection measures are important components of these QM systems.

For analysing quality of such cleaning and disinfection measures random-check like controls are carried out routinely. Currently, contact plates are used for sampling of surfaces.

After sampling, contact plates must be incubated and analyzed by external microbiological laboratories. This requires at least 2 days (determination of total germ count and hygienically relevant microorganisms) and results in high costs. Another major disadvantage is the necessity to remove microorganisms from surfaces before qualitative and quantitative determination.

In particular in case of structured surfaces, microorganisms located in deepenings are often not detected. Therefore, there is a strong need of innovative methods for contemporary determination of both hygienically relevant microorganisms and total germ count on surfaces within a self control.

A new method for photoacoustic determination of hygiene status on surfaces by means of nano valve nanoparticles was therefore developed. Oxaloacetic acid is included in antibody based nano valve nanoparticles.

Nano valves are opened on contact with living microorganisms by binding of antibodies to microorganisms, oxaloacetic acid is released and converted by decarboxylase with carbon dioxide separation. Resulting carbon dioxide increase is detected in the gas phase by photoacoustic spectroscopy.

### **Photoacoustic monitoring of coating quality (IGF 19152 N)**

Cleaning and maintenance of elastic flooring represents an important market segment regarding cleaning service companies. To increase lifetime and maintain optical properties, elastic floorings are treated with floorcare coatings providing protection against scratches, abrasion and walking imprints together with improved cleaning properties.

Basic cleaning and recoating is usually performed well before impairment of protective functions of applied floorcare coatings in order to reliably avoid irreversible damage of elastic floorings. Renewal of floorcare coating is connected to high personnel effort and time.

A new method for monitoring of coating quality based on generation and detection of acoustic signals was therefore developed in the research project. Acoustic probes which, when excited with periodically modulated monochromatic light, convert absorbed energy into heat and release it into their environment, were included in floorcare coatings.

Periodic excitation of acoustic probes leads to periodic temperature changes and thus to nanoscopic periodic expansion and contraction of floor coatings. This results in the formation of acoustic waves which can be detected with a commercially available microphone.

Intensity of acoustic signal depends linearly on layer thickness of modified floorcare coatings. Furthermore, a local change of layer thickness (defects in floorcare coating) can be identified.

The new method for monitoring of coating quality allows need oriented renewal of floorcare coatings and therefore an economical treatment of elastic floorings.

**Development of a continuous hygiene monitoring system for  
air-conditioning systems – cumulative recording of  
microbial air pollution by ion jelly detectors  
(IGF 19147 N, in cooperation with IUTA)**

Microbiological contamination is an essential quality parameter in air-conditioned rooms, which has to be thoroughly controlled. This is especially essential in the hygienically sensitive area of health care facilities as well as in food and drug production facilities. According to VDI regulation 6022, the facility's operator is liable to ensure the microbiological cleanliness of the heat, ventilation and air conditioning system (HVAC system) by periodic contact plate sampling of the inner air duct wall. Such contact plate samples have to be incubated for several days and analysed in a qualified microbiological laboratory. Locally enhanced air humidity and condensation events may facilitate microbial growth and increase the bio burden of the supplied air sporadically as well as permanently. Consequently, such microbial contamination may remain unrecognized between the test intervals for a longer period of time. Hence, neither periodic sampling with contact plates nor cyclic replacement of filters allows for the continuous real-time control of the hygiene condition of the supplied air. The aim of this research project is to develop a system which permanently and cumulatively monitors micro-organisms at the inner duct wall of air-conditioning systems. It will replace contact plate sampling, ensure continuous real-time monitoring, permit more effective maintenance and filter change intervals, and consequently improve the quality of supply air. In principle, the development of the test system is based on an ion jelly detector, which resembles contact plates by means of its gelatinous structure but is permanently stable to collect airborne microbial contaminations for extended periods of time. The ion jelly immobilises micro-organisms on its surface, prevents microbial growth, and includes a fluorophore precursor. The microorganisms' enzymatic capacities convert the precursor into a fluorescent product which is continuously measured and quantified by the increase of its specific fluorescence. The readout is either facilitated by distance measurement through an optical window at the

opposing wall of the air duct or by direct optical fiber readout in the ion jelly itself. The data acquisition may be achieved manually by periodic readout on a mobile device or permanently by coupling with pre-installed monitoring or measurement systems. Cleaning and hygiene service providers benefit from the new system as well as hygiene consultants, who are responsible for the hygiene testing of HVAC systems and manufacturers of HVAC systems or filter materials. Furthermore, such a system will minimize liability risks for about 500,000 operators of HVAC systems in the areas of health care, food, pharmaceutical and cosmetics industry and improve their competitiveness.

### **Light-induced coating and decoating of elastic floorings (IGF 18996 N)**

Elastic floorings are treated with floorcare products to increase lifetime and maintain optical properties. Floorcare coatings improve soiling, cleaning and wearing behavior of elastic floorings and provide protection against scratches, abrasion and walking imprints.

Especially for areas of heavy use, basic cleaning is necessary on a regular basis, where old coating has to be removed completely and new coating is applied. Renewal of floorcare coating is very time-, personnel- and cost-intensive and leads to considerable delays in operation of building operator: Basic cleaning is achieved by use of large amounts of water and chemicals. Afterwards flooring has to dry for a long time (up to 12 h), before it can be recoated. Flooring cannot be used during this time period.

In order to ensure intact film formation during subsequent reapplication of floorcare product, drying times of at least 30 minutes per layer must be observed. Furthermore, floorcare coating has to dry up to 24 h. A photoswitchable floorcare coating based on an interpenetrating network, which enables light-induced coating and decoating of elastic floor coverings (irradiation with VIS light for coating or irradiation with UV light for decoating), was therefore developed at the wfk - Cleaning Technology Institute.

Interpenetrating network of photoswitchable floorcare coating was realized by including a network with switchable binding sites into network of a conventional

floorcare coating. In coating process, photoswitchable floorcare coating shows high stability and adhesion to elastic floorings after irradiation with VIS light for only 150 seconds. In decoating process, it can be easily removed after irradiation with UV light for 60 s using a moist melamine pad. Elastic floorings can be re-coated directly after decoating, as only very small amounts of water remain on floorings.

### **Enzymatic comparative test for glutaraldehyde residues on flexible endoscopes (IGF 18893 N)**

The majority of flexible endoscopes is reprocessed automatically using washer-/disinfectors. As these instruments are made of temperature sensitive materials, they cannot be reprocessed using established thermal disinfection procedures. Therefore, they have to be reprocessed chemo-thermally using chemical disinfectants. The prevalent disinfectant component used in Germany is glutaraldehyde (GA).

Endoscopes are applied invasively (inside the body) and get in contact with mucous membranes. Thus, residues of the highly toxic GA on the endoscope surface can cause severe inflammatory reactions, such as GA-associated colitis. Therefore, the maximum limit value for GA was set to 1.5  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  instrument surface. The safety of reprocessed endoscopes has to be assured by the operators of the devices or the reprocessing personnel, respectively.

Tests have to be applied to assure patients safety with respect to the applied reprocessing procedures and the particular devices. Test procedures like the assessment of biocompatibility (according to DIN EN ISO 10993-5) and very complex instrumental analytics to quantify GA are highly intricate. Both test methods have to be commissioned to external test laboratories and results are not available for the routine clearance of the reprocessed instruments. Within this research project, the wfk-institute developed an enzyme-based test for the presence of GA on surfaces.

It can be used as a final product control or in combination with test material sections as a process control. The new test method allows assessment of critical

residual GA levels ( $1.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) on the surfaces of endoscopes within 10 min. The rapid test is easy to apply and utilizes an enzyme-substrate-combination, which is bound to a carrier-membrane in the form of a thin sheet (test strip). The carrier-membrane is applied on defined areas of the endoscope surface and is incubated for exactly 10 minutes.

In the presence of critical GA-residues, a colour reaction from blue/green to colourless occurs. The system was modified so that discolouration process starts in the presence of residual GA-concentrations of  $1.0 - 1.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ . GA-concentrations above  $1.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  lead to a complete discolouration and the carrier-membrane turns white. Due to the easy handling and evaluation and in combination with the fast reaction time, which provides results in a time-span of 10 minutes, the test can be perfectly integrated into the established work-flow of endoscope-reprocessing and enables routine controls.

Usability and function of the test were assessed under practical conditions using reprocessed real instruments at three different hospitals in NRW, Germany. A total of 11 endoscopes (bronchoscopes, gastroscopes, duodenoscopes, coloscopes) were tested. At 6 out of the 11 instruments, the test revealed the presence of GA-residues  $>1.5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  on at least one examined area (each time, the distal end and the insertion tube were tested) of the respective endoscope.

The results of this first random testing stress the practical importance of the developed rapid test in order to improve hygiene safety during reprocessing of critical medical devices.

Professional reprocessing service providers, which operate in more than 1950 hospitals and numberless doctor's offices by reprocessing thermosensitive medical devices using chemo-thermal processes, will profit from the research results.

Approximately 8 million endoscopes are reprocessed in Germany each year. In the future, these instruments can be monitored regarding the required absence of GA residues using the new enzyme-based rapid test method, considerably improving the safety of patients, operators and third parties.

---

### **Need-based fountain solution preservation with enzymatically activatable antimicrobial systems for prevention of biofouling in offset printing (IGF 18892 N)**

Biofouling results in substantial impairment of printing processes and work hygiene in offset printing: In particular fountain solutions containing little or no alcohol provide ideal growing conditions for microorganisms. Growth of microorganisms in fountain solution circuits cannot be prevented despite technical measures commonly applied.

The wfk-Cleaning Technology Institute e.V. developed in cooperation with the Fogra Institute e.V. a process for the need-oriented preservation of fountain solutions and thus the avoidance of biofouling in offset printing.

In order to keep the microbial contamination of the fountain solution circuit below a threshold concentration and thus to avoid impairment of the printing process, enzymatically activatable antimicrobial systems were developed consisting of a network of covalently bound cell lysing substances.

Such networks can be easily integrated in the fountain solution reservoir of printing machines before the respective filter units.

### **Parameter-related process control of disinfection in commercial dishwashers based on functionalized vesicles (IGF 18792 N)**

Dishwashing processes are defined in hygiene quality management systems on the basis of the Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP) concept as critical control points that must be periodically checked by the company itself. For this purpose, among other things biomonitors are used which have to be evaluated in microbiological laboratories; results are available after 2 days at the earliest. The commissioning of specialist laboratories causes high costs. Within the scope of the research project, a parameter-related process control based on dye-labelled vesicles was developed, which has various areas, enabling the evaluation of the overall process performance (area 1), the effect of the cleaner chemistry (area 2), the effect of the temperature (area 3) and the removal by the rinsing mechanics (area 4). By adjusting the composition of the membrane lipids, the

vesicles were adapted to the chemo- and thermosensitivity of *E. faecium* and used for the respective areas. Since the vesicles showed no stability against drying of the normative test soiling RAMS, an inclusion immobilization in alginate matrices was developed. During dishwashing, the respective vesicles were destroyed when the corresponding parameter value was reached, so that the included self-quenched dye calcein was released from the vesicles, which could be easily evaluated by fluorescence staining of the areas. The good agreement with the normative test specimen according to DIN SPEC 10534 could be confirmed in practical rinsing tests. The results of the project will provide the cleaning service providers with an independently applicable and rapid process control for commercial dishwashing processes.

### **Facade cleaning based on segregating gel networks (IGF 18607 N)**

Regular facade cleaning is essential for maintaining the value of an object. In particular cleaning of porous facade materials is challenging because stubborn soils often penetrate deeply into these construction materials. Removal of such strongly adhering soils by using currently available cleaning methods means high personnel costs and time.

A new method for economical cleaning of porous facade materials by using segregating gel networks was therefore developed in a research project at the wfk-Institute. Such segregating gel networks are composed of amphiphilic polymers and a liquid phase (water or soil-specific detergent).

Segregating gel networks change their cross-linking state in response to external stimuli. As a result, facade material is completely wetted and penetrated during application, good adhesion in and on facade material as well as intensive contact to present soils is achieved during exposure; subsequently a complete removal (segregation) of the system along with embedded soil is realized. Segregating gel networks are present as solid film on the facade surface, where they can be manually or mechanically removed by low mechanical stress.

Cleaning effect of segregating gel networks is based on amphiphilic character of polymers, which can slide between facade material and soil and remove soil from

facade material under incorporation into gel network. Cleaning effect can be improved by including soil specific detergent (liquid phase).

High soil removal and simple separation of detergent and soil from facade materials is achieved using segregating gel networks providing an effective and gentle facade cleaning.

### **Renewable floorcare coatings for elastic floorings based on counterionic polymeric adsorber systems (IGF 18539 N)**

Cleaning and care of elastic floorings is an important market segment for building cleaning companies. Typical floorcare products are used to increase the lifetime and preserve the optical appearance of elastic floorings. These temporary coatings of elastic floorings protect them from scratches, abrasion, tracks and improve their cleaning properties.

At longer contact times, some soiling components can migrate through the currently applied polymeric coatings (e.g. based on anionic polymers), into the top layer of the floorings itself and cause a permanent damage of the flooring material. Examples for such problematic soils are particularly alcoholic disinfectants, iodine-containing ointments in hospitals, medical practices and nursing homes as well as substances in pharmaceutical products, cosmetics, perfumes and other products of the beauty and wellness area (ointments and creams, hair dyes, massage oil etc.). Furthermore, discolorations can also be caused by exposition to plasticizers and antioxidants, e.g. from furniture gliders, bicycle tires and car tires.

The barrier function of floorcare coatings against soil components was improved by developing a bilayer floorcare coating for elastic floorings, which has a high resistance to conventional soils.

The developed two-layer system consists of a cationic polymer layer with included anionic adsorbers and a waxy anionic polymer layer as top layer. These systems have a higher barrier effect than conventional polymeric coatings.

---

**Biochemical synchronous determination of hygienically relevant  
microorganisms and total germ count on surfaces  
(IGF 18467 N)**

Hygiene quality management systems (QM) are of great importance in hygienically demanding areas because hygienic requirements are constantly increasing. For analyzing quality of cleaning and disinfection measures determined by QM-systems random-check like controls are carried out routinely.

Currently, contact plates are used for sampling of surfaces. After sampling, contact plates must be incubated and analyzed by external microbiological laboratories. This requires at least 2 days (determination of total germ count and hygienically relevant microorganisms), and results in high costs. Therefore, there is a strong need of innovative methods for contemporary determination of both hygienically relevant microorganisms and total germ count on surfaces within a self-control.

Therefore, a new method for sampling surfaces based on lectine functionalized thermosensitive polymer brushes was developed at the wfk - Cleaning Technology Institute. Lectine functionalized polymer brushes are used to sample microorganisms from surfaces similarly to a contact plate. Flexible chains of polymer brushes are able to penetrate deepenings of structured surfaces and therefore sample surfaces effectively.

For heavily structured surfaces, thermosensitivity of polymer brushes is used to increase stability during removal from surface. Due to a short temperature stimulus chains shorten and compress towards brush substrate and remove microorganisms from surface. For visualization and quantification of bound microorganisms polymer brush will be incubated with fluorescent Quantum Dots, which are functionalized with antibodies or lectines.

This method allows both determination of hygienically relevant microorganisms (antibody functionalized Quantum Dots), and of all microorganisms (lectine functionalized Quantum Dots), on the same sample within approximately two hours.

---

**Optochemical care coatings for controlling of surface wetting in  
cleaning and disinfection processes  
(IGF 18300 N)**

Realtime monitoring and documentation of cleaning and disinfection procedure are indispensable in hygienically demanding areas due to constantly increasing requirements. In order to ensure sufficient disinfection and soil removal, a complete wetting of the entire floor is absolutely necessary. At present, surface wetting of elastic floorings cannot be monitored during the wet wiping process. Random checks are carried out routinely using contact plates for reviewing of the cleaning and disinfection procedure. Sampling is only carried out on a random basis. Contact plates must be incubated and analyzed by external microbiological laboratories for evaluation, which takes at least two days and results in high costs. Any necessary corrective procedure of cleaning and disinfection might only be performed delayed due to the duration of the analysis process. Therefore a new method to control surface wetting of elastic floorings during the wiping process based on optochemical care coatings was developed to resolve those issues. These floor care coatings are based on solvent-responsive core-shell latex particles, which exhibit a reversible colour change in contact with cleaning or disinfectant solutions. The core-shell latex particles consist of a hydrophobic polymer core coated with a hydrophilic polymer shell. Layers of these core-shell latex particles are transparent and colourless in dry state, since the refractive index of core and shell are virtually identical and therefore light scattering does not occur. In contact with a polar solvent (e.g. water in cleaning and disinfectant solutions), solvent molecules incorporate exclusively into the hydrophilic shell resulting in a refractive index difference between core and shell. Therefore, light scattering occurs and a colour change is observable.

---

**Renewable antimicrobial peptide primer systems ensuring sustainable hygiene of elastic floorings in the healthcare sector  
(IGF 18177 N)**

The hygiene requirements in healthcare increase due to the high number of nosocomial infections and the growing spread of antibiotic resistant microorganisms in healthcare. A proper surface cleaning and disinfection provides a contribution to the reduction of nosocomial infections. Here also floor cleaning or disinfection has to be taken into account, because floors make up the largest proportion of all surfaces and in addition their germ contamination can be higher than the contamination of other areas. As the floors are quickly recontaminated with microorganisms after cleaning and disinfection due to permanent use, it must be assumed that the hygiene status can be improved by renewable systems which work sustainably disinfecting between two cleaning or disinfection measures.

Therefore, a completely new approach to the development of such systems was examined. The approach is based on renewable antimicrobial peptide primer systems for ensuring a sustainable hygiene of elastic floorings in the health care sector. These systems consist of antimicrobial peptides as germ-inactivating substances and a primer system with pH-dependent cationic charge.

**Dry de-coating of elastic floorings by  
non-thermal atmospheric pressure plasma  
(IGF 18035 BG)**

Elastic floorings commonly are finished by a temporary coating based on polymers to achieve optimum cleaning conditions. The coating minimizes soil adhesion on the flooring surface. After extended wear periods - especially under conditions with extensive mechanical wear - it is necessary to strip the coating with chemicals (alkaline cleaners) followed by a re-coating process to renew the optical appearance and to minimize wearing effects. The stripping process shows significant disadvantages like long drying time prior the following re-coating, high labour effort and high consumption values of water and chemicals.

Aim of the research project was the development of a water-free basic cleaning process based on the use of atmospheric plasma. This process needs no drying

procedure before re-coating. Consequence is a significant increase of the area performance because of minimized delays in the operating sequences. Therefore, in the first step renewable plasma active coatings were developed, which show both strong adhesion on the flooring and easy removability by plasma processing.

The coatings were developed in a two-layer process. The lower layer (intumescence layer) absorbs the plasma energy heat. This layer, in combination with a heat-conducting layer is split off during the plasma treatment. Further investigations focussed on the integration of plasma active intumescence layers into the covering of future generations of floorings by flooring producers. Finally, a functional model of a dry plasma based de-coating device was developed.

The plasma based basic cleaning process with associated mobile cleaning device reaches residue free removal of the two component system without damage of the elastic flooring at high area performance. The savings of staff costs and water lead to total savings in the range of 1 €/m<sup>2</sup> in comparison to common water based basic cleaning.

### **Development of a water-based cleaning process for printing machine housings (IGF 17952 N)**

Industrial cleaning represents a very important and economically promising future market for cleaning service companies. The cleaning of printing machine housings is a typical example: To ensure high quality printing, not only the cleanliness of the rubber rollers and cylinders located in the printing machine, but also the cleanliness of the machine housing has become a central element in quality management in recent years.

Therefore, the demands on cleaning of printing machine housings increase continuously. Both in sheetfed offset printing with UV inks and heatset web offset and newspaper printing with conventional printing inks aerosols are deposited on printing machine housings. These deposits can cause print defects due to a carryover of ink on the surface to be printed.

However, the currently used cleaning methods for removal of ink have serious drawbacks: Extensive use of organic solvents for soil removal causes expensive measures regarding work safety and environmental protection. Moreover, the large fraction of manual work results in very money, human resources and time-consuming cleaning procedures. The essential prerequisite to open up this market potential for external cleaning companies is an ecological and economic cleaning procedure for strongly adherent inkjet colours.

Therefore, target of the project was the development of a renewable soil release coating which is applied as temporary protection resp. sacrificial layer between machine housing and printing ink. The protection layer is supposed to be removed together with deposited soilings on top of the layer by a water-based cleaning process without application of organic solvents. After development of suitable thixotropic soil-release-hydrogels and suitable application processing for relevant surface materials, various metal surfaces were soiled with typical printing inks. Finally, a cleaning process and treatment recommendations were worked out. This included amongst others, the observation of the migration behavior of the inks into the coating, the effect of water content, the occurrence of corrosion and the effect of fountain solution on mechanical stability.

The developed soil-release-hydrogel was proved successfully under practical conditions in three companies. Even after 6 weeks with strong soiling (resulting in closed layers) the deposited ink could be removed together with the sacrificial layer successfully from the machine parts using the developed water-based cleaning process. The amount of time needed for cleaning with the new water-based process is comparable to the conventional solvent-based cleaning process. However, the according incurred costs are lower and no organic solvents are used employing the newly developed cleaning process. The research work was performed by the wfk - Cleaning Technology Institute in Krefeld in cooperation with the Fogra-Institut e.V., Munich.

---

**Process control of surface disinfection  
with functionalized proteoliposomes  
(IGF 17922 N)**

In hygienically demanding areas, such as food and pharmaceutical industry, cosmetics and health sector, hygiene and disinfection plans are an important part of quality management systems. These plans determine the regular implementation of cleaning and disinfection procedures. To verify the success of cleaning and disinfection processes random end product controls are carried out routinely. Because there are no suitable fast methods available at present the disinfection success can only be verified by contact plates or swab testing. However, end product controls are very time consuming and expensive as they have to be performed by external laboratories. The long duration of the investigation makes it impossible to apply any corrective actions of disinfection in a timely manner.

Therefore, the aim of the project was the development of a fast method for an easy and fast self-monitoring of surface disinfection processes based on proteoliposomes including a self-quenching fluorescent dye. Microorganisms have a membrane containing target structures for disinfectant active substances. These target structures can be simulated by proteoliposomes. Therefore, they were used for the development of a test monitor. Using various lipids and proteins proteoliposomes were prepared. Functionalization of proteoliposomes was carried out with a fluorescent dye which had the property of fluorescence quenching (no fluorescence) depending on high concentrations but emitted a strong fluorescence signal after dilution. Immobilization of proteoliposomes was carried out on a carrier matrix by embedding the proteoliposomes in a hydrogel. The test monitor was placed on the surface to be disinfected. By the action of the disinfectant the proteoliposomes were destroyed analogously to the microorganisms and the included dye was released. The quality of the disinfection process could then be assessed by the intensity of fluorescence of the released dye correlating with the level of germ reduction and visualized with UV-light.

Thus, a process control was developed that can be used as part of on-site self-monitoring in quality management systems, in order to detect possible failures in the disinfection process promptly and if necessary to initiate corrective actions immediately.

---

**Development of a novel low-temperature sterilization procedure using  
supercritical carbon dioxide and of compatible nanocomposites  
for medical devices  
(IGF 98 EN)**

Thermolabile medical devices which are surgically inserted, such as flexible endoscopes that are applied in the aseptic visceral cavity, are classified as “critical C”-devices with regard to reprocessing. These devices are sterilized using special low-temperature procedures. Conventional low-temperature procedures rely on toxic chemical agents like e.g. ethylene oxide or on the application of ionizing radiation ( $^{60}\text{Co}$ ).

Other procedures are under dispute with regard to process performance when applied to geometrically complex devices. Aim of the project was the development of a novel low-temperature procedure ( $< 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) using highly compressed supercritical carbon dioxide ( $\text{SCCO}_2$ ) allowing sterilization of thermolabile, geometrically complex medical devices such as e.g. flexible endoscopes.

This research work was performed by the wfk - Cleaning Technology Institute (Germany). Suitable process challenge devices (PCDs) were developed and applied with different microorganisms in  $\text{SCCO}_2$  processes to quantify the antimicrobial effect. An appropriate additive combination was developed and used to enhance the antimicrobial effect. Various sterile barrier systems were investigated for their compatibility with the developed  $\text{SCCO}_2$  method and a suitable system based on Tyvek<sup>®</sup>/film was chosen.

Results showed that phase-transition-cycles (supercritical  $\text{CO}_2 \rightarrow$  liquid  $\text{CO}_2$ ) and relative movement of  $\text{SCCO}_2$  have a considerable positive effect on the inactivation of microorganisms in particular when applied on complex PCDs. The efficacy of the  $\text{SCCO}_2$  process was confirmed on complex tubular PCDs. In practice, based on the characterized parameters, the process has to be adapted depending on the medical devices to be sterilized.

In parallel Montanuniversität Leoben (Austria) developed novel polymer materials with compatibility against  $\text{SCCO}_2$  sterilization procedures to be available for the manufacturing of medical devices such as e.g. flexible endoscopes. By incorporation of nanoparticles (e.g. cellulose or zeolite) as filler substances these

polymers exhibited improved barrier/diffusion properties and compatibility against SCCO<sub>2</sub>. The application of 2-5 % nanoscaled fillers showed most improved results regarding minimization of CO<sub>2</sub> uptake (reduced by up to 90 %) and mechanical properties. Four materials which showed excellent compatibility against SCCO<sub>2</sub> were developed and are now ready for the development of future generations of medical devices.

Reprocessing service providers/central sterilisation service staff, operators of devices, physicians as well as patients of the 30,000 hospitals and countless doctor's offices within the EU benefit from the project results.

Further beneficiaries are manufacturers of high-pressure devices and sterilisation devices. The development of new nanocomposites will be profitable for several thousand medtech companies for the evolution of a new generation of medical devices.

### **Development of thermally switchable dosing systems for a LAMP rapid detection of MRSA (IGF 17775 N)**

Due to lack of hygiene each year between 0.8 and 1.2 million of hospital-acquired infections occur in Germany, of which 20,000 to 70,000 are fatal. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) now represent a 12.5 % share of one of the most common causes of nosocomial infections.

Already the establishment and control of hygiene protection measures lead to an efficient prevention of MRSA infections. Therefore, regular proof of successfully performed disinfection measures by hospital operators and cleaning services is of increasing importance.

Since suitable rapid methods for self-monitoring are not available, cleaning service providers currently use microbiological methods like contact plates or swabs for sampling surfaces.

Afterwards the contact plates must be incubated and evaluated by external microbiological laboratories. This method is cost-intensive and requires at least 3 days before results are available.

The aim of the research project was the development of a rapid MRSA detection method for surfaces, which can be easily used by cleaning services as self-control. Because of this, evidence of successfully performed cleaning and disinfection measures are available at latest after 3 hours so that a continuous control and documentation within self-controls will be made possible.

As basis for the development of the rapid test system, LAMP-PCR for the specific genetic determination of MRSA was established. The amplified DNA-amounts can be determined semi-quantitatively due to the developed colour reference scale.

To exclude false-positive results, an initial step for the degradation of extracellular DNA from dead microorganisms was developed. In order to subsequently release the needed target DNA from MRSA, optimal lysis and DNA extraction conditions were determined.

For the removal of inhibiting effects of the used lysis reagents, an additional DNA-cleaning step based on the use of DNA-binding magnetic beads was developed. For substitution of the needed pipetting steps for the LAMP-system, hydrogels, which released defined volumes of lysis as well as LAMP reagents at specific temperatures, were developed as thermally switchable dosing systems.

The applicability of the thermally switchable dosing systems was analysed with regard to their thermosensitive swelling properties, mechanical stability as well as loading and unloading properties.

Based on these results, a functional model of the LAMP-rapid test system for MRSA detection in combination with thermally switchable dosing systems was developed.

Thus, a rapid MRSA detection method was developed that can be used as part of on-site self-monitoring within quality management systems, in order to promptly detect possible failures in the disinfection process and, if necessary, immediately initiate corrective actions.

---

**Development of a biocatalytic colour indicator system  
for process control of disinfection in commercial dishwashers  
(IGF 17664 N)**

The requirements for hygiene in the food sector arise from the EU regulation on the hygiene of foodstuffs i.e. (EC) 852-854/2004, which require a hygiene management system based on the HACCP concept (Hazard Analysis Critical Control Point) for canteen kitchens and many other areas.

Dishwasher processes are recognized as important Critical Control Points within these hygiene management concepts and must be controlled periodically, for which the operator has to take care.

However, end product and in-process controls described in respective standards (e.g. DIN SPEC 10534) exhibit major disadvantages. These disadvantages result from the use of conventional microbiological culture methods providing results only after several days. This testing is expensive and requires a microbiologist and a lab. A simple and quick method for routine control is not available.

In the course of the project a new rapid assay system for the process control of dishwasher processes was developed, wherein the specific activity of enzymes is displayed by dye systems. Since germicidal processes are based predominantly on protein denaturing effects, germ killing can be represented by the denaturation of enzymes.

Functional samples of the developed enzymatic process challenge devices consisted of porous ceramics with a height of 1.2 cm and a circumference of 4.5 cm. Loaded with enzymes they demonstrated a good agreement with in-process controls based on microbial inactivation, both in the laboratory and in practice (exemplary application at 6 mass catering facilities). Within about 10 minutes the developed system allowed the evaluation of disinfection performance of dishwashing processes by visual analysis of coloured reaction products released from chromogenic substrates.

The rapid test is inexpensive and does neither require skilled microbiologists nor a laboratory. The hygienic safety in dishware disinfection will be increased by using this rapid test system, which easily enables frequent in-process controls.

---

**Development of biodegradable implant materials and  
adequate sterilization procedures  
(IGF 17455 BG)**

For the therapy of bone and cartilage defects there is an increasing demand for biomimetic and bioresorbable implants. These implants have to be sterilized despite they are very sensitive to the process conditions of established sterilization procedures. The aim of the cooperative research project of Technical University Dresden and wfk – Cleaning Technology Institute was the development of novel implant materials with superior properties and the development of novel compatible low-temperature sterilization procedures on the basis of supercritical CO<sub>2</sub> (SCCO<sub>2</sub>).

The efficacy of the developed SCCO<sub>2</sub>-procedures was assessed using bacterial endospores of the species *Bacillus atrophaeus* and provided data on inactivation kinetics that allowed to calculate D-values (decimal reduction time values). The latter ranged between 1.1 and 3.6 min using a process challenge device on the basis of a hydrogel. With regard to the measured efficacy the sterility assurance level (SAL) of 10<sup>-6</sup> (EN 556-1) will be achieved within 30 – 45 min depending on the initial bioburden. In parallel to the safe inactivation of microorganisms the compatibility of the sterilization procedure to sensitive bioresorbable materials must be assured. The material properties and the cytocompatibility of treated raw materials and implants was investigated. A good compatibility was reported for various bioresorbable materials. Several experiments on the colonization with human mesenchymal cells revealed a considerably better proliferation of the cells in comparison to established sterilization procedures on basis of steam, gamma irradiation or ethylene oxide (EO). Experiments on the generation of porous scaffolds by integration of a SCCO<sub>2</sub>-treatment during the production process resulted in promising scaffold structures especially for the materials pectin and mineralized collagen. Research results of this project will facilitate massive benefits for respective patients, companies of the medical device sector and companies engaged in the construction and manufacturing of sterilization equipment. Last but not least, the results are important for health care facilities and external sterilization service providers as the latter can offer a new suitable method for the sterilization of bioresorbable implants.

---

**Development of a process for improving cleaning and hygiene of  
textile floor coverings based on carbon dioxide clathrates  
(IGF 17402 N)**

Textile floorings are used on a large scale. This applies more and more also to the health and hygiene sector. The cleaning of textile floorings puts the cleaning service companies face with great challenges. The efficient and hygienic cleaning of textile floorings is only possible in the context of a basic cleaning. The most important method, the spray extraction, brings several disadvantages. These include the high water entry, the resulting long drying times and associated downtime for the operator, but also the potential damage to the textile floorings.

In the research project carbon dioxide clathrates were used for the first time for cleaning of textile floorings. These carbon dioxide clathrates were made both in pure form and with embedded ethanol in a 10-liter pressure reactor of carbon dioxide and water at pressures between 30 and 50 bar and temperatures between 0 °C and 5 °C. For the characterization of carbon dioxide clathrates next TOC and density measurements were also carried out UV-VIS measurements. A storage of the clathrates was possible at temperatures of -20 °C for several days.

The application of clathrates on the textile floorings was carried out with the aid of a pressure jet system. The developed clathrate cleaning method has compared to the spray extraction method decisive advantages: Without damaging the textile flooring, the clathrates can be applied as a solid and also removed again as a solid. This allows the accessibility of the floorings due to the low residual moisture after a short time. The time periods during which the textile floorings cannot be used will be reduced by the clathrate method to a minimum.

The cleaning efficiency of the clathrate method was comparable to the spray extraction method. The disinfecting effect of the clathrate method was also comparable to the spray extraction method under the investigated conditions.

Due to these results and the high area performance and the low cost, the new method for cleaning textile floorings with carbon dioxide clathrates represents an advantageous alternative to the conventional spray extraction process.

---

**Development of a process for industrial parts cleaning based on shock waves and ionic liquids in dense phase carbon dioxide (IGF 17327 N)**

In different industrial sectors, like automotive, machine and plant construction, toolbuilding, aeronautics and astronautics, medical engineering, as well as optics, jewellery and electronics, a multitude of various parts, from raw material over semi-finished products up to ready mounted subassemblies and end products, have to be freed from miscellaneous filmic and particulate soils in the context of industrial parts cleaning. Type and amount of soils are highly varying. The subsequent use respectively processing of parts determines the respective cleanliness requirement and the corresponding cleaning process to reach that purpose. State of the art is on the one hand the cleaning with halogen-free solvents (e.g. hydrocarbons) or (to a minor degree) with chlorinated solvents and on the other hand the cleaning with water-based systems. Both organic solvents and aqueous systems show different drawbacks from procedural, economical and ecological point of view. Moreover, after cleaning they have to be subjected to complex conditioning processes (e.g. vaporization, vacuum distillation, membrane filtration). In addition to the mechanical application of the mentioned cleaning systems, in case of heavily soiled surfaces a manual cleaning with organic solvents may also be required. The manual cleaning is personnel- and cost-intensive. Furthermore, it demands special measures for occupational safety and health and environmental protection.

A promising alternative to the existing cleaning systems is offered by dense phase carbon dioxide (DPCO<sub>2</sub>). It has a high dissolving power for hydrophobic substances as well as a high gap penetration. It requires no drying as it volatilizes residue-free at atmospheric pressure and can be cleaned and recovered easily "by distillation". Furthermore, it is cheap, in high purity grades and boundless available, non-combustible and toxicologically and environmentally harmless. DPCO<sub>2</sub> is used already as alternative to nonpolar organic solvents in some applications. In industrial parts cleaning it hasn't been used routinely so far. In terms of its implementation in industrial parts cleaning shortcomings on the removal of particulate and polar soils are still existing. These shortcomings are based on the one hand on the low cleaning-induced mechanics due to the low viscosity of

DPCO<sub>2</sub> and on the other hand on the disability of to dissolve polar soils due to its nonpolar character. A new approach to eliminate these drawbacks is the combination of DPCO<sub>2</sub> with shock waves and ionic liquids. Shock waves allow the input of energy and mechanics into the dense phase carbon dioxide whereas ionic liquids facilitate the targeted adjustment of the polarity that is just needed for the respective cleaning task. Both cleaning-induced mechanics and polarity can be “tailored” in a broad range in doing so.

### **Development of luminescent floorcare coatings with integrated functionalization for the rapid determination of the coating quality (IGF 17096 N)**

Polymeric floorcare coatings have a limited lifespan, so that depending on the degree of wear of the flooring a stripping and recoating with polymer dispersions performed by the building cleaning company is inevitable after a certain time. These two procedures are very labor-intensive and costly and are performed by the building cleaning companies based on their own experience generally long before a complete wear of polymeric coatings has occurred.

Currently the point in time is chosen by the building cleaners by considering the most worn down areas of the floorings, which often represent a relatively small share of the total area. A current trend shows that for such cleaning services the payment isn't done according to the actual effort required, but as a flatrate per area worked regularly. Therefore, from an economic point of view it is desirable for the building cleaners to lower the frequency of stripping and coating procedures.

In order to improve their efficiency, the cleaning enterprises need a rapid method for assessing the coating quality of elastic floorings. Such a method would reveal the degree of wear of polymeric floorcare coatings and allow the wear to be quantified. This would ensure that stripping and coating are not performed more frequently than necessary, but instead until a critical minimum film thickness of the floorcare coating is reached. However, simple and inexpensive methods for evaluating the coating quality of elastic floorings are at the present time not available.

As the results show, an approach to solve this problem relies on the integration of nanoscale luminescent pigments to common floorcare products. The chosen pigments do not alter the appearance of the modified polymer coating under normal lighting conditions. When exposed to UV-A-light, however, these pigments exhibit a strong fluorescence in the visible range.

From the luminance of the emitted light the actual degree of wear resulting in a reduced film thickness after a certain time of use can be determined. By measuring the current film thickness, it may be decided on a day by day basis when and to what extent a new stripping and coating procedure is necessary.

**Development of a simple and quick process for routine evaluation  
of cleaning and disinfecting performance when reprocessing  
thermolabile medical devices  
(IGF 16932 N)**

A steadily increasing number of medical devices is manufactured using polymers, that can be treated at temperatures of 60 °C at maximum. Subsequently these devices are defined as thermolabile. Moreover, instruments like e.g. flexible endoscopes and other minimally invasive instruments feature complex geometries with e.g. long internal canal systems and therefore need special efforts for reprocessing. Due to the thermolabile characteristics these devices cannot be reprocessed using the common and safe thermal reprocessing procedures but have to be disinfected and sterilized using chemo-thermal or chemical procedures. The disinfection performance is classically checked using bioindicators employing *Enterococcus faecium*. The analysis of the biomonitors lasts several days and is highly expensive. A simple to use method for routine control was not available up to date.

Within the project a simple and fast monitoring method was developed that allows the rapid control and documentation of chemo-thermal cleaning and disinfection procedures. The developed monitor system is based on non-cellular preparations of “extremophile” enzymes that have a defined resistance towards the chemo-thermal reprocessing procedures to be controlled.

**Development of renewable soil release coatings for heatinsulating  
façade materials based on interpenetrating polymer networks  
(IGF 16887 N)**

Heat-insulating materials for facades are being used to an increasing extent due to current energy and environmental policy. However, because of low thermal conductivity of these facade materials facade surface heats up quickly at high outside temperatures respectively cools down quickly at low outside temperatures. This results in increased adhesion of many soils (e.g. due to gumming at high temperatures) and increased microbial growth (increased condensation due to rapid cooling below dew point). Removal of such adherent soils by using currently available cleaning methods is connected to high personnel and operating costs.

Therefore, the wfk - Cleaning Technology Institute has developed a new cleaning procedure based on interpenetrating polymer networks (IPNs) as renewable soil-release coatings. The developed IPNs can be applied onto facades as dispersions in uncrosslinked state e.g. by spraying. Subsequent to application, crosslinking is induced by sunlight and adding a saline solution. An invisible coating with high mechanical, thermal and weather stability is achieved, which protects heat-insulating facades against various types of soil. Under cleaning conditions crosslinking density of IPNs is reduced by application of the cleaning solution. Consequently, IPNs can easily be peeled off together with adhering soil e.g. by means of low-pressure water jets or mechanical treatment.

The new cleaning procedure based on IPNs provides cleaning companies with an effective and economical method for removal of strongly adherent soil from heat insulating facade materials.

**Development of appropriate fast methods for cleaning service enterprises  
to analyze cleanliness and hygiene in cleanrooms  
(Cornet 60 EN)**

Cleanrooms are closed system rooms in which the particle content of the air is controlled according to the specific clean room class. Such rooms are used in specific manufacturing processes, e.g. in the aseptic preparation of

pharmaceuticals, foods and in hospitals. These controlled areas are subject to strict cleanliness and hygiene requirements. A continuous and comprehensive microbial monitoring of clean rooms is of high importance and represents a fundamental keystone within the quality management system. Currently, the assessment of the number and type of microorganisms on surfaces is performed using contact plates or the swab method. A major disadvantage of such classical microbiological methods is the incubation time and the analysis of samples by external laboratories that usually takes at least two days. Thus, corrections and adjustments to the cleaning and disinfection procedures can be made only after a considerable delay.

The aim of the project was the development of a suitable rapid method for the evaluation of the hygiene of cleaned and disinfected surfaces in cleanrooms. An efficient method for the sampling of microorganisms was established by means of a sampling matrix based on a special clean room approved wipe made out of polyester/cellulose, which was moistened with 0.85 % NaCl solution. For the sampling of plane as well as geometrically complex surfaces, a sampling pen with an elastic tip was developed that holds the sampling matrix.

The elution of microorganisms from the sampling matrix was carried out by "stomaching". For subsequent quantification of microorganisms, an analytical method based on flow cytometry was developed. For this purpose, at first a 15 minute "one-step" staining with two suitable fluorescent dyes was established, which allowed the discrimination of live and dead cells. Following, the fluorescent cells were detected and quantified using a flow cytometer.

The developed rapid method provided reproducible and reliable results when applied to surfaces such as stainless steel, glass or plastics. In addition, representatives of different groups of microorganisms (e.g., Gram-positive and Gram-negative bacteria and yeasts) and bacterial spores could be quantified. Any residues on surfaces such as blood, silicone, wool grease, surfactants and disinfectants showed no negative influence on the developed methods as demonstrated in practice-relevant concentrations.

The entire process, i.e., surface sampling, elution of microorganisms, cell staining and flow cytometric analysis, requires less than 20 min. This allows a simple, fast

and cost-effective assessment of cleaning and disinfection procedures in clean-rooms and enables a simple documentation of results. For the service companies entrusted with clean room cleaning and for clean room operators the developed method offers a valuable mean for internal self-control and quality assurance.

**Development of renewable impermeable coatings for elastic floorings  
with barrier function against permeative soil components  
(IGF 16834 N)**

Floorcare products are used in practice for increasing lifetime and maintaining optical appearance of elastic floorings. Temporary coatings of elastic floorings protect them from scratches, abrasion, tracks and improve their cleanability. At longer contact times, some soilings (e.g. iodine containing disinfectants, hair tinting lotions, shoepolishes, fats and mineral oils) migrate through applied polymeric coatings into the top layer of floorings itself and floorings get irreparably damaged. Furthermore, discolorations can also be caused by exchanging of plasticizers between dark colored furniture gliders, car tyres, bicycle tyres and elastic floorings. For avoiding irreparable damages, permeating soilings have to be removed from elastic floorings immediately.

In a research wfk-research project two different solutions for improving barrier function of polymer coatings were investigated. One solution based on extending diffusion path by embedding inorganic barrier pigments in the lowest layer of conventional anionic polymer coating, which is in direct contact to flooring. Typical conventional polymer coatings consist of three layers. In the second approach a cationic polymer layer was integrated between two layers of commercially available floorcare products with the aim to function as “soiling trap”.

Permeation of selected soilings (especially hair tinting lotions) through conventional polymeric coatings was reduced by both modifying the lowest layer with barrier pigments and integrating a cationic compound. Detectable soiling residues were dependent on kind of soiling, applied conventional floorcare product, kind and concentration of barrier pigment, resp. cationic polymer dispersion.

The developed polymer coating with barrier function against permeative soil components did not cause changes in brightness and color of elastic flooring. A low

reduction of gloss was observed in comparison to unmodified coating. Furthermore, an impact on adhesive strength, abrasion resistance and slip resistance was not detected.

**Development of renewable and slip resistant care coatings for ceramic floorings in water-loaded barefoot areas as well as of a mobile system for the determination of slip resistance (IGF 16556 N, in cooperation with PFI)**

The high percentage of accidents caused by slipping requires water-loaded barefoot areas according to GUV-I 8527, a proper selection of floorings, as well as of cleaning methods and agents, respectively. The demanded slip resistance in such areas may be determined only stationary according to DIN 51097 (ramp test). Moreover, no mobile test methods are known which correlate with the standards mentioned. Because of these reasons, the cleaning and care methods cannot be optimized under practical conditions relevant for wellness areas. Within a research project performed by wfk – Cleaning Technology Institute in Krefeld in collaboration with Prüf- und Forschungsinstitut Pirmasens (PFI) could be shown that it is possible in principle to increase the slip resistance with a two-layer-system, consisting of a cationic polymer dispersion as adhesive layer and an anionic dispersion with interspersions on top of it. It is assumed that a further improvement during the implementation of the project results by companies is possible by the optimization of the particle geometry as well as the adaption of the polymer and particle systems. It has also been found that the tiles coated with the new two-layer-system showed a better cleaning behavior compared to the uncoated tiles.

For the determination of the slip resistance of those materials a mobile functional model of a step generator (25 kg, approx. 45 cm x 30 cm base area, foot with shoe size 24 and special artificial sole) was developed and built. In the frame of the project a correlation has been established between the measurement values obtained by using the mobile step generator and those corresponding to the inclined ramp (in accordance to DIN 51097). In the majority of the cases there was found a deviation of the acceptance angle of around 2° for the tested tiles from the values determined with the inclined ramp. This deviation corresponds to the typical standard deviations of the standard method (inclined ramp). The

developed method thus allows a determination of the on-site slip resistance of ceramic floorings.

**Development of a rapid method for process control of surface disinfection based on enzymatic detection of pathogens (IGF 16490 N)**

In hygienically demanding areas (e.g. food industry, pharmaceuticals, cosmetics and health sector) routine cleaning and surface disinfections have to be performed in order to meet the high hygiene standards. The performance and frequency of these procedures are defined in hygiene and disinfection plans which are integrated constituents of quality management (QM) and quality assurance systems (QA). The basis for these systems is a mandatory hygiene control, a suitable documentation and the use of validated disinfection procedures. Currently the only possibility to evaluate the hygiene of a surface after disinfection is a random end product control. These controls are generally performed via Replicate Organism Detection and Counting (RODAC)-plates. The results, however, are available after a minimum of two days. Because of this delay, an insufficient disinfection (caused e.g. by an inadequate dosage, protein- or soap-mistake) is recognized late.

The wfk-Institute has developed a rapid test for a simple and secure process control for surface disinfection so that an in-house self-monitoring is possible. This process control can be performed by cleaning and hygiene service providers without microbiological professionals and a laboratory.

In order to verify a successful disinfection procedure, visually detectable colour reactions were analysed. Such colour reactions have to be sensitive, fast, reproducible, clearly visible and stable for a certain period of time. Therefore, dye releasing enzyme-substrate-reactions are suitable. The more active enzymes are available, the higher the released dye concentration is. It was proven that the reaction of proteases with a fluorescent substrate is a very sensitive detection method. The basis for the development of a rapid test were diverse inactivation kinetics of pathogenic and non-pathogenic microorganisms due to disinfectants.

To be suitable, the decrease of enzyme activity due to the effect of disinfectant has to correlate with inactivation kinetics of the different microorganisms.

Within the project, carriers consisting of a polyvinyl alcohol were developed which can be fixed reversibly on different surfaces (e.g. synthetics, stainless steel, glass) with a pressure sensitive adhesive developed by wfk-institute. Proteases were immobilised on the surface of the carrier in order to avoid spreading of enzymes by wiping during disinfection. After the disinfection step this functional models of a biomonitor can be removed from the surface. After the appropriate residence time a substrate solution has to be applied to the biomonitors. The biomonitors can be evaluated visually after a few minutes. By means of a colour scale it is possible to monitor the success or failure of the disinfection process.

Thus a rapid method is available for immediate evaluation of the surface disinfection without the help of external professionals. This method enables the cleaning service providers to increase the safety of the surface disinfection and to decrease the hygiene risk.

### **New hygiene services in medical device cleaning and reprocessing by the use of liquid carbon dioxide and extremophile enzymes (Cornet 32 EN)**

Current and, to a much higher extent, future medical devices like flexible endoscopes and implants are very sensitive and thermolabile. Thus they can't be disinfected and sterilized by the established and safe thermal procedures. The state of the art procedures, which relay on chemo-thermal or chemical disinfection and sterilization, have many disadvantages such as e.g. lower process safety, residual chemicals, material damage.

Within the project an innovative procedure for the cleaning and disinfection of geometrically complex and thermo-labile medical device was developed. Process challenging devices for flexible endoscopes served as surrogate model system. The procedure applied incubation in liquid and supercritical CO<sub>2</sub> at temperatures <40 °C. Within a process times of 15 minutes a high antimicrobial activity against bacteria, fungi, viruses and bacterial endospores was obtained, comparable to established low-temperature sterilization procedures that are assumed to exhibit

the risk of toxic residues. The cleaning efficacy of the new procedure could be improved by the application of special enzymes. Under application of specific proteases, a procedure was developed using the process challenging device of Appendix 8 and 9 of the actual guideline of DGKH, DGSV, DGVS, DEGEA and AKI. Residual protein content was below the acceptance level. With regard to the test of the overall process performance microbial inactivation rates of  $RF > 9$  (*E. faecium*) were measured. The process time was about 1 hour; processed objects are obtained dry. The new procedure overcomes conventional chemo- and chemo-thermal procedures with regard to the spectrum of affected microbes, inactivation rates and harmlessness of applied substances. Due to the developed new enzyme-improved liquid/supercritical-CO<sub>2</sub>-procedure an innovative reprocessing procedure for geometrically complex and thermo-labile medical devices is available for professional service provider companies and manufacturers of medical devices. The number of potential facilities that can apply the procedure consists of approx. 30,000 hospitals and numberless medical practices as well as some thousand manufacturers of thermo-labile medical devices within the EC.

**Mobile system for improving the cleaning properties of elastic floorings  
by functionalisation with low temperature atmospheric plasma  
(IGF 16259 N)**

In the last years certain elastic floorings (e. g. PVC and Linoleum) partly were provided during manufacturing with additional surface coatings based mostly on polyurethane (PUR) in order to improve soiling-, cleaning- and wear properties. However, some problems occurred in practice. Numerous customers complained for example about the low abrasion resistance of those coatings.

The cleaning service enterprises could not improve this situation as polymeric care coatings did not adhere effectively to those PUR-coated floorings. The cleaning service enterprises were thus not able to offer an optimized maintenance for PUR-coated floorings although those floorings represent an important market potential. Therefore, there was demand for new cleaning and care methods.

These methods should improve the cleaning properties of elastic floorings within the regular cleaning procedure by facilitating the application of temporary coatings.

The solution investigated within the research project was the functionalization of elastic floorings by means of low temperature atmospheric plasma. The plasma treatment (applied after stripping) caused an increase of the surface energy and of the adhesion of polymeric care coatings.

**Development of a self-limiting laser-cleaning process  
to remove temporary floorcare products  
(IGF 16241 N, in cooperation with LLT and FILK)**

The application of temporary polymer coatings on elastic floorings is an important prerequisite for increasing their durability and for assuring optimal performance characteristics. Polymer coatings lead to a better cleanability and a higher abrasion resistance of floorings. Such coatings have to be replaced after a certain time depending on the wear level by means of stripping and coating. For stripping currently water-based systems with a high chemical load are employed. The extended drying times required before the following coating steps cause delays in the operating schedule of the building operators.

To overcome these drawbacks an effective and economical self-limiting procedure to remove temporary floorcare products from elastic floorings by means of an infrared laser (Nd:YAG, 1064 nm) is being developed within an FRT-project. A damage of the top respectively wear layer of the flooring by the laser treatment is prevented by modifying the floorcare dispersion in such a way that it completely absorbs and reflects the incident laser beam. These physical processes lead to a targeted local evaporation of the polymer coating above the flooring. The modification of the floorcare dispersions occurs by addition of special infrared absorbers and infrared reflectors, which show maximum absorption respectively reflection in the wavelength range of the laser used.

The self-limiting character of the decoating procedure developed is also supported by special (intumescent) materials. By the laser radiation these are

converted into carbon dioxide and water and thus contribute to a "bursting" of the surrounding polymer layers.

The new laser process is water and wastewater free and needs in contrast to conventional stripping no harsh chemicals. By eliminating the long drying times required currently in the aqueous stripping, the renewal of the floor coating may occur immediately after stripping.

The working sequence of the building operator is therefore disturbed only slightly, so that the acceptance of the laser cleaning process by customers of cleaning service enterprises will increase and new market potentials can be opened up. At the same time, areas that are inaccessible by machine can economically be stripped because an effective stripping with much less manpower is possible compared to conventional aqueous processes.

#### **Development of a cleaning process based on thixotropic soil-release gels for the removal of strongly adhesive industrial soilings (IGF 15911 N)**

In industrial paintwork up to 90 % of the applied paint, the so-called overspray, does not reach the surface of the workpiece. The part of this paint mist, which is not removed by the exhaust airstream, settles on the walls of the painting line to form strongly adhesive soilings. Their removal requires the use of organic solvents or abrasive procedures. Both procedures are harmful to the environment, may damage the surfaces and require a high amount of manual labour. Strip foils or strip varnishes are applied on the walls as a preventative measure before varnishing; afterwards they are removed together with the overspray. This procedure is expensive and laborious.

The aim of the project was the development of a cleaning process based on thixotropic polymeric soil-release dispersions for the removal of strongly adhesive industrial soilings. For an environmentally friendly process only water was to be used as a solvent. The cleaning process should be simple and fast. Moreover, the renewal of the coating on the walls should be time saving. Several different film formers and additives were investigated as basis for the polymeric dispersions with regard to their effectiveness. Mixtures of ethylene oxide – propylene

oxide block copolymers and polyethylene glycol, carboxymethyl cellulose, fumed silica and wetting agents were found to be especially suitable. The applied polymeric coatings were resistant against both, solvent- and water-based varnishes and even at higher temperature and air humidity they were sufficiently stable.

A complete removal of the applied varnishes from the different substrate materials was possible by using only very small amounts of water or alternatively by light manual labour. The soil-release polymeric coatings are also suitable to stabilize preexisting varnish soiled coatings. By reapplication of a new coating layer on top of the older ones the personnel-intensive cleaning steps required in the regular maintenance of painting lines can be reduced considerably, which in turn leads to significant cost savings.

**Development of a disinfecting CO<sub>2</sub> cleaning process for safety shoes  
from hygiene demanding areas with regard to protective properties of  
personal protective equipment (PPE)  
(IGF 15910 N)**

In many industrial branches, including food stuffs, pharmaceutical and cosmetic industry, hygiene demands are increasing. Personal protective equipment (PPE) includes textiles but also footwear, which has to be cleaned and disinfected, respectively. Classical, water-based cleaning methods cause serious damages to the footwear or do not yield in adequate disinfection. Analysis showed remarkable hygiene deficits due to lack of processing possibilities. With the implementation of European food hygiene regulations and directives in national legislation, e.g. through the Ordinance of Food Hygiene in Germany, the HACCP concept as well as demands on personal hygiene and work wear including footwear have become legally binding.

The main focus of this research project was the maintenance of protective and safety functions against mechanical forces and a development of a disinfecting cleaning process for safety shoes with liquid CO<sub>2</sub>. The advantages of liquid CO<sub>2</sub> are, that it is not toxic and there is no need for drying after reprocessing. The processing of the shoes and shoe components was performed in a 4-bath-cleaning-procedure in a pilot plant. The cleaning of materials in liquid CO<sub>2</sub> was

investigated with several different additives. After a fixed maximum of 25 reprocessing cycles some materials e.g. a few leathers did not fulfil the safety requirements according to DIN EN ISO 20344 ff. Breaking, loss of tensile strength or partially decrease of breathability were the most detected deficits.

However, some leathers and artificial leathers were not altered due to the CO<sub>2</sub>-process and fulfilled the safety-requirements also after reprocessing. These materials could be used e.g. for PPE-shoes. Several toe-caps consisting of steel or aluminium showed moderate corrosion but still guaranteed the safety parameters. Plastic toe-caps fulfilled all safety requirements. As well, additional relevant materials like for example some lining materials showed no or very low impairment due to liquid CO<sub>2</sub>-treatment.

The application of dirt absorber materials and spherical brushes improved the cleaning effect of even and low textured materials enormously. Upper material has been soiled with fatty, carbohydrate-containing and proteinaceous soils. Fatty and carbohydrate-containing soils could be cleaned with the help of dirt absorber and spherical brushes which were included for improving the mechanical forces.

The cleaning of blood was not satisfying. In order to assess the disinfecting action, test items were contaminated with relevant microorganisms (bacteria, yeasts and moulds), either directly or mixed with the above-mentioned soiling. Inactivation of microbes in liquid CO<sub>2</sub> depends upon the species, the time of action, and the effect of certain additives. Particularly in the presence of blood, reduction of the population of certain microorganisms was found to be especially difficult.

The rate of germ reduction could be increased by the use of various additives. Hence it is possible to develop a shoe which still shows the essentially safety requirements after hygienic cleaning in liquid CO<sub>2</sub>. A catalogue of requirements for the production of protective and safety footwear has been developed.

**Development of an optimised sampling method for evaluation of cleaning and disinfecting measures within self control measures in hygiene demanding areas  
(IGF 276 ZN, in cooperation with DIL and IUTA)**

The success of cleaning and disinfecting measures needs to be controlled in healthcare sector and food industry on diverse surfaces. In these hygienically demanding areas hygiene standards and monitoring requirements were increased constantly in recent years. Therefore, fast and easy self-control methods are required to control the bioburden of surfaces within monitoring systems. However, surfaces with a complex geometry (e.g. convex or concave surfaces or corners) cannot effectively be sampled with standard microbial wiping methods or contact slides. In addition, standard methods like ATP-monitoring are not capable to detect small numbers of bacteria and can't distinguish between live and dead cells. Further more ATP occurs in all types of cell making a differentiation of bacteria and eukaryotic cells impossible.

The aim of this research project was therefore the development of an improved sampling method using a gelatine matrix in combination with flow cytometry analysis as a tool for an easy, self-practicable and inexpensive assessment of cleaning and disinfecting measures. Flow cytometry is a standard technique in biology for counting, analysing and sorting of particles in relation to their size, inner complexity and fluorescence. In the flow cell of a flow cytometer a liquid stream carries and aligns stained cells that they pass in single file through a laser beam for sensing. For sampling a gelatine matrix was developed to completely remove bacteria from surfaces. A surface with complex geometry (e.g. milk pipe thread or perforated metal plates) can for example be sampled with this liquid matrix. After hardening of gelatine the microorganisms are included in the gel matrix and can be detached residue-free from the surface of interest. To analyse the gel matrix with the flow cytometer the gelatine need to be liquefied by an enzymatic treatment.

The cells are stained with two different nucleic acid binding dyes to be able to distinguish between living and dead bacteria when performing the flow cytometry analysis. The developed method takes less than 90 minutes inclusive preparation of gelatine, enzymatic treatment, staining and analysis with the flow cytometer.

---

**Development of a validated, residue-free and mobile disinfection process  
for surfaces in hygienically demanding clean rooms based on  
cold atmospheric plasmas  
(IGF 15469 N)**

The quality requirements for products and procedures increase continuously in different areas of industrial production, e.g. electronics, pharmaceutical and food industry, biotechnology, automotive industry as well as in the medical field. This results in an increasing demand of operations in clean rooms. Thereby approximately 70 % of the clean room areas in Europe today have special hygiene demands on the air and surface cleanliness. In order to ensure a safe production and infection prophylaxis, an efficient clean room cleaning and a safe surface disinfection are indispensable.

The cleaning and disinfection of clean rooms represents an economically very attractive market with big growth potential for the cleaning enterprises. This results on the one hand from the growth of the clean room capacities, on the other hand from the increasing attendance of the clean room operators for the outsourcing of the clean room cleaning and disinfection to external suppliers. The opening up of this market potential assumes that the cleaning enterprises can meet safely and economically all future demands with regard to cleaning and disinfection of clean rooms. Such demands are caused both by special requirements of the clean room operators and by current developments in the field of standardisation and guidelines for clean rooms. Especially the chemical surface cleanliness gets increasingly important.

According to DIN EN ISO 14644, part 8, currently used chemical disinfection agents are declared as a source of contamination. Therefore, meaningful for hygienically demanding clean room areas are effective and economical disinfection processes. A possible solution is offered by the plasma technology. At a certain parameter setting of the cold atmospheric plasma device and by using compressed air respectively carbon dioxide as process gases could be achieved a sufficient germ reduction. The developed plasma disinfection method was proved to be both bactericidal and fungicidal. This was performed exemplarily for the thermally resistant bacteria *Enterococcus faecium* as well as for the fungus *Aspergillus niger*. In the following the developed disinfection process was tested in

different sensitive industrial clean rooms. Additionally, were formulated recommendations and instructions for the effective, economical, material protective and safe handling of the plasma technology.

### **Development of care processes for conductive floorings (IGF 15272 N)**

In different sensitive working areas (like electronic industry, data processing, medical engineering) electrostatic discharges have stringently to be avoided because of their negative impact on the involved instruments and processes. In the mentioned areas are applied because of this reason elastic floorings with particular requirements on the electrical behaviour. To preserve their functional characteristics over a long time, these special floorings have to be cleaned regularly. However, the required cleaning effort is here significantly higher than that for conventional floorings. Moreover, the common cleaning and floor care products, which are actually thought to minimize the cleaning effort and the wear properties, don't suit the electrically conductive floorings because of their isolating effects.

One approach consists in the application of temporary coatings based on conductive additives, like polymers and pigments. In contrast to common antistatica (ionically conductive), their efficiency doesn't vary with the surrounding humidity. Aim of the project therefore was the development of an electron conductive coating system applicable on conductive and dissipative floorings.

For this purpose, were tested different formulations based on common floor care products which were modified with electrically conductive polymers, respectively pigments. The so modified floor care dispersions were applied by various procedures on representative electrically conductive floorings, like PVC, linoleum and rubber. Afterwards they were characterised and optimised with regard to their electrostatic properties (like surface/ contact resistance, system resistance, electrostatic charging of personnel) respectively optical properties (like brightness, colour, gloss, roughness). The modified coated floorings were characterised in the same way after soiling with practical relevant soils and artificial weathering.

The developed temporary pigment-based coatings meet all the current electrostatic requirements for conductive and dissipative floorings. Additionally, they are

transparent, adhere perfectly on the conductive floorings and also meet the actual standards of abrasion, scratching and slip resistance. The optimised coatings showed no polymer degradation or discoloration by artificial weathering.

Investigations under practical conditions showed that the modified floor care dispersions can be applied with conventional methods without any additional effort. The developed conductive coatings showed also an improved cleaning efficiency and a higher dirt retention compared to conventional coatings. Based on the project results cleaning and care recommendations for electrically conductive coatings have been finally worked out.

### **Development of an effective and mobile water- and chemical-free method to clean façades with atmospheric plasma (IGF 15271 N)**

Soiled façades are cleaned currently with blasting processes using water or mixtures of water, air and solid blasting agents (e.g. sand, glass beads or calcium carbonate). Further, toxicologically and ecologically dis-advantageous organic solvents are used in special cases (like for graffiti removal). Such solvents demand complex additional measures for occupational safety and health and environmental protection. A great disadvantage of the common aqueous blasting systems is the high personnel and operating costs.

Such water-intensive procedures generate high volumes of waste water containing hazardous substances. Due to several environmental regulations (e.g. water resources act, municipal ordinances) it is not allowed to discharge such waste water into the sewerage system or surface waters. Depending on the kind of pollutants such waste water (containing the used blasting agents) has to be collected and disposed of or treated at high costs. Furthermore, the application of water intensive façade cleaning procedures leads, depending on the porosity of the materials, to damp-ridden walls, resulting in further damages.

Additionally, even at adaptation of the blasting impact to the respective substrate and soiling, the damage of the cleaned surfaces due to abrasion can not be completely avoided.

An alternative to the mentioned cleaning procedures is offered by the plasma technology. Typical façades materials like clinker, sandstone, stoneware, marble, granite, anodized aluminium and stainless steel can be cleaned with cold atmospheric pressure plasma, as shown in the finalized research project. Herewith was developed a mobile water- and chemical free cleaning method which has been proved to be also material protective.

As ubiquitous soils were used graffiti (acrylic and synthetic resin paint) and artificial atmospheric soils. After soiling the samples were exposed 30 days to an artificial weathering procedure consisting of alternating UV-irradiation and thawing steps.

In order to achieve a high soil removal by means of plasma, different process gases, like compressed air, argon and nitrogen, were considered and different plasma parameters, like nozzle geometry, distance nozzle to surface and number of treatments, were varied.

An effective removal (up to 100 %) of acrylic and synthetic resin paints (black, green and red), as well as of algae and fungi was achieved by using a highly energetic air plasma beam under special parameter settings. White and silver acrylic paints instead could be removed to a much lower extend (max. 70 %). Neither abrasion nor thermal damage of the analysed façade materials could be detected. During the plasma treatment were reached relatively low surface temperatures depending on the type of material considered. Thus, were measured 60 to 80 °C for mineral, respectively 70 to 115 °C for metallic substrates.

The developed plasma cleaning method was evaluated in practice by comparison with conventional cleaning methods, including cleaning agents. Contrary to the water high pressure blasting method, all typical soils (like paints, algae, fungi) could be removed by air plasma even from very rough façade materials, like finery and red clinker, chemical- and residue-free.

---

**Development of a temporary coating for flexible floor coverings based on photo-catalytic active metal oxides in order to improve sustainability of cleaning and disinfection measures  
(IGF 15110 N)**

In Germany annually approx. 500.000 to 800.000 nosocomial infections are caused by a lack of hygiene, which lead to about 30.000 to 70.000 deaths based on frequently appearing antibiotic-resistant microorganisms.

This causes an economic damage of more than 2 billion €. RKI (Robert-Koch Institute) and leading hygiene experts recommend a prevention of nosocomial infections by a selective disinfection procedure of the patient-related area and a hygiene-controlled patient far area.

Therefore, the transfer of human-pathogenic germs and cross-contaminations must be avoided. For this reason, the cleaning and disinfection of surfaces is essentially important:

Investigations of nosocomial infections have shown, that the optimisation of the multi-barrier-system with the disinfection of surfaces including the disinfection of floorings is one of the essential strategies of prevention.

The latest RKI guideline about surface cleaning and disinfection differentiates certain areas into categories with "special infection risk", "possible infection risk" and "without infection risk".

Now only lecture-rooms, stairways, etc. belong to the category "without infection risk"; general stations and outpatient clinics are already considered to be "possibly risky".

According to RKI such areas need to be disinfected systematically a) if there is a recognizable contamination, b) in the context of a terminal disinfection, c) in outbreak situations as well as d) if special germs occur; even patient-far surfaces must be included then. It's obvious, that appropriate cleaning and disinfection of surfaces reduce nosocomial infections.

The cleaning and disinfection of floorings is particularly important, because they build the largest part of all surfaces (and their contamination potential regarding germs is much higher than the contamination potential of other surfaces). Due to

the permanent use a rapid re-contamination with germs after each cleaning and disinfection cycle occurs.

This re-contamination is caused by the fact, that the current cleaning and disinfections processes are not sustainable, because the biocides don't remain on the surface and are no longer effective after each disinfection cycle.

During this project a temporary coating for floorings with photocatalytically active metal oxides was developed, which reduces 1-2 orders of magnitude of microorganisms within 24 hours.

***The projects were supported by the Federal Ministry of Economic Affairs and Climate Action (BMWK) due to a decision of the German Bundestag.***

## Research Projects in Progress

### **Coatings based on stimulus-induced self-degrading polymer systems and their application on resilient floor coverings (01IF23446N)**

The aim of the research project is to develop recyclable coatings that are characterized by a high mechanical stability and barrier effect under conditions of use, are easy to renew and whose application does not result in microplastic emissions. Such coatings are realized on the basis of polymer systems (bio-based, biodegradable polyesters) which are subject to stimulus-induced self-degradation and which can be light-inducedly converted into a three-dimensional polymer network via terminal, UV-crosslinkable end groups based on secondary plant metabolites (e.g. coumarins) and with bio-based multifunctional crosslinkers (e.g. based on L-lysine).

The self-degradation of the polymer systems is induced under the alkaline conditions of basic cleaning by activation of nucleophiles (amines) in the side chains of the polymers (cleavage of alkali-labile protective groups). An attack of the nucleophiles on carbonyl groups present in the polymer main chain leads to the conversion of the self-degrading polymer systems into low-molecular, water-soluble, cyclic compounds, which can be removed from the elastic floor covering without the input of high mechanics. In the basic cleaning liquor, these cyclic compounds are subsequently converted into the amino acids on which the self-degrading polymer systems are based (alkaline hydrolysis). The amino acids can be selectively recovered from the liquor using conventional processes with ion exchange resins and then used again to synthesize stimulus-induced self-degrading polymer systems. The use of coatings based on stimulus-induced self-degrading polymer systems can significantly reduce the effort required for cleaning and maintaining elastic floor coverings.

### **Visualization of viral contaminations (01IF23338N)**

The aim of the research project is to visualize viral contamination on surfaces using allosteric aptamers. The allosteric aptamers recognize viral pathogens and initiate a hybridization chain reaction in which oligonucleotides with a hairpin structure, which are partially functionalized with gold nanoparticles, autonomously assemble into highly branched nucleic acid structures (plasmonically active dendrons). The accumulation of gold nanoparticles in the dendrons is accompanied by a visually perceptible color change. In order to develop allosteric aptamers against a target protein on the surface of a viral pathogen, a special process is required, which is referred to as SEALEX (Systematic Evolution of Allosteric Ligands by EXponential Enrichment), based on the methods described for aptamer selection.

The project results will provide cleaning service providers and textile service providers with evidence of viral contamination, enabling them for the first time to monitor the virucidal effect of the cleaning/disinfection measures they carry out on site as part of in-house self-monitoring. This allows errors to be identified more quickly and hygiene safety to be optimized. In principle, it is also conceivable that the detection method developed could be used for diagnostic purposes in medicine.

### **Hydrogels with light-induced antibacterial properties and their exemplary application in innovative wound dressings (01IF00385C)**

The aim of the research project is to develop non-adhesive, highly transparent hydrogels with controllable antibacterial properties based on the generation of reactive oxygen species (ROS) when doped zinc oxide (ZnO) structures included in the hydrogel are excited with light at a wavelength above 400 nm. In order to achieve light penetration into the hydrogel via polymer optical fibers (SE-POF), the refractive index of the hydrogel is adapted to that of the fiber core. The antibacterial properties of such hydrogels are based on the slow release of zinc ions and in particular on the formation of ROS, the concentration of which can be

regulated by the light intensity as well as the duration and frequency of exposure to light. Depending on the concentration, ROS can promote wound healing. In order to develop a wound dressing for thermal injuries (e.g. burns), the hydrogels are synthesized on a textile carrier provided with SE-POFs; suitable process parameters are being researched for this purpose.

In addition to medical technology companies, textile manufacturers and the chemical industry in particular will also benefit from the research results. In addition to burn victims, the healthcare sector will also benefit.

The results can also be used to develop self-cleaning and self-disinfecting coatings, e.g. for surfaces in the healthcare sector, as well as innovative filter systems for process water treatment. Cleaning service providers can use the project results to offer innovative services and improve their profitability.

### **Plasma-activated ice particles for façade cleaning and disinfection (01IF23265N)**

In order to maintain the value of the property, i.e. to avoid visual impairments and damage, regular façade cleaning is essential, as frequent refurbishment (repainting) is neither economically viable nor justifiable from a sustainability perspective.

As the façade area in Germany amounts to several billion m<sup>2</sup>, façade cleaning represents a market with enormous economic potential that can be expanded, but whose development is hindered by complex and sometimes cost-intensive cleaning processes.

The aim of the research project is to develop a blasting process based on plasma-activated ice particles that allows façades to be cleaned and disinfected in a single step, without the use of conventional cleaning chemicals and biocides and with low water consumption. Water droplets in an aerosol are activated with plasma, frozen with a cryogenic gas and accelerated.

When the plasma-activated ice particles hit the façade, the transferred kinetic energy removes dirt or vegetation; a thin 2-phase layer consisting of water and ice ("slushy" layer) is also formed, in which the reactive species generated during

plasma activation of the water are located. The reactive species kill microorganisms that have not been removed and bleach discolorations.

**Antimicrobial self-assembling systems to ensure  
sustainable surface hygiene  
(01IF23264N)**

The aim of the research project is to develop disinfectant cleaners based on antimicrobial self-assembling systems (SAS), the use of which does not result in increased dirt adhesion to treated floor coverings and which lead to sustainable hygiene of these coverings.

The SAS are based on peptides that form stable aggregates above a defined concentration (critical aggregation concentration, CAC) and only have an antimicrobial effect in this aggregated state. During maintenance cleaning, SAS aggregates present in the disinfectant cleaner lead to effective disinfection of the floor coverings even in the presence of contamination with high concentrations of pathogens.

The SAS aggregates remaining on the floor covering after maintenance cleaning ensure the immediate inactivation of pathogens that reach the floor covering in low concentrations between two decontamination measures. An accumulation of antimicrobial agents can be prevented by regular mopping (e.g. weekly) with pure water (dilution of the SAS concentration to a value below the CAC). As this dissolves the SAS aggregates, the wiping water no longer contains any antimicrobial substances.

The SAS are biodegradable and are enzymatically degraded or metabolized as part of the biological water treatment in the municipal sewage treatment plant.

Due to the resulting increased hygiene safety, it can be assumed that hygiene commissions will include the use of disinfectant cleaners based on antimicrobial SAS in their hygiene plans. The use of SAS-based disinfectant cleaners significantly reduces the effort required for the disinfecting maintenance cleaning of resilient floor coverings compared to the effort required when using current systems.

---

### **Special enzymes for the oxidation and degradation of hydrocarbons and their exemplary application in washing and cleaning processes (01IF23097N)**

The use of hydrocarbons in industry and trade poses major challenges for companies operating in the cleaning sector: As hydrocarbons are non-polar and lipophilic, contamination can only be removed with great effort and/or by using toxicologically questionable solvents. Hydrocarbons are contained in various care products, including in the form of polymers or microplastics, e.g. as synthetic waxes in care dispersions. Due to the EU Commission's constant efforts to reduce microplastic emissions, there is growing concern in the industry that such care products will also be regulated in the future.

The aim of the research project is to isolate microorganisms from the environment (e.g. sewage treatment plants, landfills) and to identify enzymes or enzyme classes that oxidize and degrade hydrocarbons using special molecular biological or biotechnological methods (e.g. metagenome and metatranscriptome analysis, bioinformatic analysis of enzyme-coding sequences using sequence databases) in combination with activity-based methods. Suitable methods are to be developed that allow activity-based enzyme screening using practically relevant, non-water-soluble substrates and under realistic conditions.

On the basis of such special enzymes, washing and cleaning processes can be developed, the application of which would result in economic advantages for textile service providers operating in the leasing business in the processing of workwear from industry and trade and economic advantages for building cleaners in the basic cleaning of textile floor coverings.

### **Dry ice blasting process for water-free, hygienic dishwashing (01IF23050N)**

As the optimization potential of conventional dishwashing processes has almost been exhausted, a reduction in operating resource requirements that goes beyond the state of the art can only be achieved through a change in technology.

The aim of the research project is a blasting process for dishwashing that includes mechanical pre-cleaning by means of an air stream, dishwashing with dry ice

pellets and, if necessary, subsequent UV treatment for further germ reduction. For this purpose, special jet nozzles must be developed, suitable process parameters researched and a corresponding system (functional model) designed.

Catering establishments, including communal catering facilities, which are often operated by cleaning service providers, are provided with a blasting process with dry ice pellets that allows hygienically perfect dishwashing without the use of water and cleaning chemicals. Compared to conventional dishwashing processes, the energy and manpower requirements are also reduced. Based on the conservative assumption that only 10% of the dishes produced annually in communal catering facilities (over 3 billion place settings) are cleaned using the new blasting process, this results in savings. As CO<sub>2</sub> (e.g. from industrial processes) is used for dishwashing, the blasting process can make contribution to achieving climate policy goals ("Green Deal"). In the future, it is even conceivable that such a system could be operated in a largely climate-neutral manner: kitchen waste and food scraps removed during dishwashing can be used to produce biogas on site; the resulting CO<sub>2</sub> can be recovered together with the CO<sub>2</sub> produced during dishwashing (sublimation of the pellets). Technologies for recovering small quantities of CO<sub>2</sub> from gas streams are currently under development.

**Dielectrophoretic filters for particle separation and their exemplary application for the removal of microplastics from wastewater generated in the cleaning industry.  
(01IF22990N)**

The aim of the project is a dielectrophoretic filter that enables the separation of a broad spectrum of polymer particles or microplastics (e.g. broad particle size distribution, shape, density, charge) from aqueous media (e.g. waste or process water) in one filtration step.

Special tufting structures are developed as filter media, in whose useful layer electrically conductive yarns (e.g. stainless steel fiber yarns) are introduced at regular intervals as electrodes in addition to non-conductive inelastic yarns made of inorganic materials (e.g. glass).

Suitable tufting structures and filter modules have to be designed and suitable process parameters (AC voltage, frequency, flow rate, rinsing intervals) have to be investigated for dielectrophoretic particle retention in the filter medium.

Since particle retention takes place in "field cages" (field maxima or minima), the pore width of the filter medium in dielectrophoretic filtration can be significantly larger than the diameter of particles to be retained. Therefore, such filters are hardly affected by fouling and have a very low pressure drop.

### **Thermosolubilizable hydrophobic systems based on renewable raw materials (01IF22794N)**

The aim of the research project is to develop thermosolubilizable hydrophobic systems based on renewable raw materials that enable efficient cleaning of external thermal insulation composite systems (ETICS). The components of the hydrophobic systems are biodegradable and exist as a solid matrix on the ETICS under application conditions (below 70 °C). Thermosolubilizable hydrophobizing systems are based on thermolabile microcapsules to be specially developed, which adhere to the ETICS and serve to bind hydrophobizing agents (monofatty acids). By aligning the alkyl chains of the hydrophobizing agents to the air interface, hydrophobization of coated ETICS is achieved.

Under cleaning conditions (e.g. low-pressure process with steam, T above 100 °C), the thermolabile microcapsules lose their integrity under the influence of heat and disintegrate, releasing solubilizing agents (zwitterionic amino acids). The aligned structure of the hydrophobic alkyl chains on the facade surface is annulled, so that the ETICS is wetted with water. The solubilizing agents form amphiphilic complexes with the hydrophobic agents previously bound to the microcapsules, which micellarize soils as well as the polymers previously serving as capsule shells, dissolving the hydrophobic system in the water.

The project results will provide the cleaning service providers with a thermosolubilizable hydrophobic system that enables the efficient cleaning of ETICS at a price accepted by the customer (building owner/operator) and meets the political and social demand for products and services using renewable raw materials. This

enables cleaning service providers to tap new market potential in the facade coating and cleaning segment.

**Bioinspired polyurethane coatings and their application  
on resilient floor coverings  
(01IF22785N)**

The aim of the research project is to develop bioinspired PU coatings that are characterized by high wear resistance and barrier effect under conditions of use, are easy to renew and do not result in microplastic emissions from their application.

Such PU coatings are realized on the basis of biodegradable PU oligomers, which can form reversible networks via bioinspired crosslinking groups.

Due to the thermally switchable 3-dimensional crosslinking of the bioinspired PU coating, small mechanical damages can be compensated by local tempering (transfer to the liquid state) (thermally induced self-healing).

Furthermore, after major material removal, simple regeneration of the coating is possible by integrating newly applied coating into the network structure of the old coating still present on the floor covering, whereby a homogeneous network of old and new coating is obtained without visible buildup points.

In the case of dirt migration into the bioinspired PU coatings, simple removal of the old coating before application of the new PU coating is possible by application of a dispersion of a nanozyme (synthetic enzyme mimic of photolyase) that is harmless to humans and ecotoxicology, which is excited by irradiation with VIS light (e.g. ceiling illumination) and cancels the reversible covalent crosslinking points in the bioinspired PU coating.

This converts the bioinspired PU coating into short-chain, biodegradable PU oligomers that can be removed from the floor with hot water without the input of high mechanics.

Using bioinspired PU coatings, the effort required for cleaning and maintenance of resilient floor coverings can be significantly reduced.

---

**Hydrochromic surfactant systems for the control of surface wetting  
in cleaning and disinfection processes  
(01IF22784BG)**

The aim of the research project is to develop hydrochromic surfactant systems and disinfectant cleaners based on such surfactant systems that enable visual monitoring of surface wetting during cleaning/disinfection processes (e.g. during the wiping process for the maintenance cleaning of resilient floor coverings and the subsequent exposure time of the disinfectant cleaner). The hydrochromic surfactant systems change their absorption behavior and thus their color (e.g. from transparent to red) when solvated by water.

In the solvated state (e.g. in the disinfectant cleaner solution) they show absorption in the visible range (colored state of the hydrochromic surfactant systems), while in the non-solvated state (e.g. after the drying process) they absorb outside the visible range (transparent state of the hydrochromic surfactant systems).

Due to the color of the surfactant systems in the solvated state, it is possible to distinguish directly between areas that have been cleaned/disinfected and those that still need to be cleaned/disinfected.

Since the hydrochromic surfactant systems change to the transparent state immediately after the drying process, compliance with the exposure time can be visually verified.

Using disinfectant cleaners based on hydrochromic surfactant systems, any errors that occur (e.g. insufficient wetting in an area that is difficult to access) can be corrected immediately, significantly increasing process reliability. Furthermore, simple and immediate documentation of the quality of cleaning/disinfection measures carried out (e.g. by means of photos) is possible.

**AIE-active photosensitizers for  
monitoring and minimizing microbial contamination  
in the dampening solution circuit  
(01IF22547N in cooperation with FOGRA)**

The contamination of dampening solution circuits in printing presses is becoming increasingly critical due to the constantly reduced use of isopropanol and biocides in dampening solutions.

As a result, companies in the printing industry are incurring high expenses arising from the regular cleaning and maintenance of the dampening solution circuits in offset presses to prevent biofilm formation. Increasingly, these cleanings are carried out by commissioning cleaning service providers, for whom these services have a high economic potential.

These circumstances make it necessary to find new solutions to the problem of contamination.

Therefore, in the framework of the proposed research project, novel substances, namely photosensitizers with aggregation-induced emission (AIE-active photosensitizers) will be used both to monitor the contamination and to use these molecules to kill the microorganisms. AIE-active photosensitizers are molecules that fluoresce after aggregation, e.g., by incorporation into bacteria, thus enabling the possibility of monitoring.

Also after aggregation, two different inactivation mechanisms of bacteria can be triggered by excitation with visible light: In the type I reaction, there is direct interaction with cellular substrates, i.e. the energy transfer proceeds with energy release from the sensitizer to the substrate, which in the last end leads to the formation of highly reactive oxygen species (ROS).

The type II reaction results in the formation of highly reactive singlet oxygen. Both ROS and singlet oxygen subsequently react with cellular components such as biomembrane phospholipids, leading to membrane integrity breakdown and ultimately cell death (photodynamic inactivation).

---

**Biodegradation of specially designed polyacrylates adapted to the  
enzymology of environmental organisms and their exemplary application  
in care dispersions for resilient floor coverings  
(01IF21946N)**

Polyacrylates contribute significantly to the performance of detergents and cleaning agents. Furthermore, polyacrylates are the main component of maintenance coatings, which have a positive effect on the soiling and cleaning behaviour as well as the service life of resilient floor coverings.

ECHA is currently working on a proposal to restrict intentionally added microplastics, which include polymer-containing particles (diameter 1 nm to 5 mm), with the exception of biodegradable polymers.

The aim of the research project is to isolate microorganisms from the environment (e.g. sewage treatment plants, landfills) and to identify enzymes that efficiently degrade polyacrylates and clarify degradation mechanisms by means of special molecular biological or biotechnological procedures (e.g. metagenome and meta-transcriptome analysis, bioinformative analysis of enzyme-coding sequences) in combination with activity-based methods.

The classification of the enzymes is based on the reactions they catalyse and provides information on the type of bond they cleave. Based on the knowledge gained, polyacrylates with chemically and/or enzymatically cleavable bonds in the polymer backbone are synthesised to accelerate microbial or enzymatic degradation.

For the funding we thank:



Ministerium für Wirtschaft,  
Industrie, Klimaschutz und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen



### Oral and poster presentations

- PASCHEN, A., GELDERBLOM, S., ASLAN, B., KARSTENS, R., NEUMANN-SCHMIDT, T., HEUVEL, F., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Acousto-mechanical cleaning of textile floor coverings based on metallic helix yarns Poster, Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference, 2022
- ZOGRAGOU, J., PAULHEIM, A., HEUVEL, F., JAGLA, K., GELDERBLOM, S., HLOCH, H.G., ASLAN, B., BOHNEN, J.  
Inverse Streamer-Corona-Entladung zur Trockendesinfektion textiler Bodenbeläge mit Elektrodenflor / Inverse streamer corona discharge for dry disinfection of textile floor coverings with electrode pile  
Poster, Aachen-Dresden-Denkendorf International Textile Conference, 2022
- WEHRL, M  
Hygiene under full control - Medical device reprocessing quality innovatively tested  
Fachkolloquium, Forschungsallianz Medizintechnik (FAM)  
2021
- WEHRL, M.  
Method group 2.0 – Approaching optimized elution of endoscope channels to assess reprocessing efficacy  
5th Conference of Applied Hygiene, Microbiology and Virology, Hamburg, 2019
- PFANNMÜLLER, A.  
Easy monitoring system for glutaraldehyde residues on flexible endoscopes  
5th Conference of Applied Hygiene, Microbiology and Virology, Hamburg, 2019
- WEHRL, M.  
Fibrin-Process Challenge Devices - Test model with practice relevance for the assessment of the cleaning efficacy of instrument cleaners  
23. Jahreskongress der DGSV e.V., Fulda, 2019
- OSSIG, R.  
Applied research - Innovative approaches to cleaning technology  
Clean Transport - Messe für Verkehrsmittelreinigung, Hannover, 2019
- ACHTEN, A., HEINZE, E., WEHRL, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J., DIETZEL, S., RAUH, W.  
Need-based fountain solution preservation with enzymatically activatable antimicrobial systems for prevention of biofouling in offset printing  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- THYSSEN, C., ACHTEN, A., SPETTMANN, D., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Parameter-related process control of disinfection in commercial dishwashers based on functionalized vesicles  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019

- MEEßEN, J., THYSSEN, S., ACHTEN, A., PFANNMÜLLER, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Surfaces with self-protective properties for maintenance of chemical and microbial cleanliness  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- MEEßEN, J., PFANNMÜLLER, A., HUGO, A., BANKODAD, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Development of a continuous hygiene monitoring system for air-conditioning systems - cumulative recording of microbial air pollution by ion jelly detectors  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- PFANNMÜLLER, A., BORN, A., REICHEL, D., WEHRL, M., BOHNEN, M.  
Development of a gentle biological cleaning process for the removal of facade biofilms  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- WEHRL, M., PFANNMÜLLER, A., MEEßEN, J., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Duplex amplification method for rapid in situ detection of hygiene-relevant germs on flexible endoscopes  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- WEHRL, M., PFANNMÜLLER, A., MEEßEN, J., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Magnetostrictive snap sensitizing sensor for monitoring microbiological quality of water  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- WEHRL, M., THYSSEN, C., ACHTEN, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Quantum dot based electrochemiluminescence for a rapid multiplex detection of hygiene-relevant germs and total germ count  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- WEHRL, M.  
Caught in the fibrin-network: Process challenge device model for the evaluation of instrument detergents  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- KAMPE, A., BRILL, F.H.H., PFANNMÜLLER, A., WEHRL, M.  
Method for eliminating matrix effects while quantifying residual protein contents of dental transmission instruments  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- WEUSTER, A., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J., WAGNER, M., SCHULTHEIS, P.  
Disinfection of safety shoes by plasma activated water  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- CASPER, P., SPETTMANN, D., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Shock wave based cleaning process for wet barefoot  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019

- HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Projects within the Central Innovation Program for Small and Medium Sized Enterprises (ZIM)  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- FESEL, P., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Catalytic aptazyme reporter systems for fungal spore  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- SPROTT, S., ROEBEN, E., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Façade cleaning based on segregating gel  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- SEIDEL, S., KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Making elastic floor coverings sound: Photoacoustic monitoring of the coating quality  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- VAN DEN BERG, T., KREDEL, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Optochemical care coatings for controlling of surface wetting in cleaning and disinfection  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- VATERRODT, A., HELLMERT, M., SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Light-induced coating and decoating of elastic  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- VAN DEN BERG, T., SEIDEL, S., THIERFELD, H., SPROTT, S., KREDEL, A., KRIEG, M., VON KIEDROWSKI, V., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Eavesdropping on microorganisms: Nanovalve nanoparticles for photoacoustic determination of hygienic status on surfaces  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- VAN DEN BERG, T., THIERFELD, H., HERRMANN, C., VON KIEDROWSKI, V., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Enzyme Janus particle indicator for controlling the hygiene status of surfaces  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- SEIDEL, S., ROEBEN, E., KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., DOBESCH, M., RAUH, W., BOHNEN, J.  
Test system for the evaluation of wettability and surface  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
MRSA detection based on upconversion optical fibers  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019
- FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Floorcare coatings from liquid membrane separated complementary phase dispersions  
49<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2019

- BOHNEN, J.  
Situation and perspectives of research funding  
FRT-General Meeting, Lübeck, 2018
- WEUSTER, A., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J. (wfk)  
WAGNER, M., SCHULTHEIS, P. (PFI)  
Hygienization of safety shoes with plasma activated water vapour  
25. Innovationstag Mittelstand des BMWi, Berlin, Juni 2018
- BOHNEN, J.  
Development of the funding landscape and current wfk projects  
wfk-General Meeting, Krefeld, 2018
- KAMPE, A., WEHRL, M., BRILL, F.H.H.  
A Method for eliminating matrix effects during determination of residual amount of protein in manually processed dental transmission instruments  
14. Kongress für Krankenhaushygiene der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene (DGKH e.V.), Berlin, March 2018
- ACHTEN, A., THYSSEN, C., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameter-related process control of disinfection in commercial dishwashers on the basis of functionalised vesicles  
DTVmed-Jahrestreffen, Krefeld, January 2018
- PFANNMÜLLER, A., POPPE, S., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Enzymatic comparative test for glutaraldehyde residues on flexible endoscopes  
DTVmed-Jahrestreffen, Krefeld, January 2018
- ACHTEN, A., HEINZE, E., FRIEDRICH, T., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Need-based fountain solution preservation with enzymatically activatable antimicrobial systems for prevention of biofouling in offset printing  
DTVmed-Jahrestreffen, Krefeld, January 2018
- MEESEN, J., PFANNMÜLLER, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Development of a continuous hygiene monitoring system for air-conditioning systems - cumulative recording of microbial air pollution by ion jelly detectors  
DTVmed-Jahrestreffen, Krefeld, January 2018
- BOHNEN, J.  
Situation and perspectives of research funding  
FRT-General Meeting, Augustdorf, 2017
- BOHNEN, J.  
Clean, hygienic, functional: research trends & potentials  
DTV-Verbandstag, Starnberg, September 2017
- BOHNEN, J.  
Potentials of industrial collective research  
Wirtex-FNTU Innovationsforum Wäschereiprozess, Frankfurt, Juni 2017

- OSSIG, R., wfk, Krefeld  
LANGER, M., HEISE, M., FILK, Freiberg  
Novel plasma-based method for dry basic cleaning of elastic flooring  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- CASPER, P.  
FRT-Guidelines for reprocessing of cleaning textiles  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Projects within the Central Innovation Program for Small and Medium  
Sized Enterprises (ZIM)  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- OSSIG, R., HLOCH, H.G., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
LANGER, M., HEISE, M., FILK, Freiberg  
Non-thermal atmospheric pressure plasma application for dry decoating of  
elastic floorings  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- SZILLAT, F., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Development of a waterbased cleaning process for printing machine hous-  
ings  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- WEHRL, M.  
Establishment of a method for the comparative evaluation of the perfor-  
mance of instrument cleaners – work of the AG RMT of DGKH e.V.  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- KOLBE, S., ACHTEN, A., FRIEDRICH, T., OVERLÖPER, A.,  
SCHNEIDER, R., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Hygiene quick tests  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- KOLBE, S., STOLZ, M., GERLACH, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T.,  
BOHNEN, J.  
Renewable antimicrobial peptide primer systems ensuring sustainable hy-  
giene of elastic flooring in the healthcare sector  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- KOLBE, S., DUMSCH, I., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemical synchronous determination of hygienically relevant microorga-  
nisms and total germ count on surfaces  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- POPPE, S., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Catalytic aptazyme reporter system for the detection of fungal spores  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- KOLBE, S., SCHNEIDER, R., OVERLÖPER, A., SPETTMANN, D.,  
BOHNEN, J.  
Real-time hygiene monitors based on stimulus-sensitive liposomes  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017

- ACHTEN, A., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameter-related process control of disinfection in commercial dishwashers based on functionalized vesicles  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- ACHTEN, A., STOLZ, M., HEINZE, E., WEHRL, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J., wfk, Krefeld, DIETZEL, S., RAUH, W., Fogra Forschungsgesellschaft Druck, München  
Need-based fountain solution preservation with enzymatically activatable antimicrobial systems for preventing of biofouling in offset printing  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- WEHRL, M., ACHTEN, A., BOHNEN, J.  
Development of an enzymatic process challenge device to control the overall process performance during reprocessing flexible endoscopes  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- ACHTEN, A., JACHLEWSKI, W., WEHRL, M., GALLAUN, U., LASKE, S., BOHNEN, J.  
Novel low-temperature sterilization procedure using supercritical carbon dioxide and of compatible nanocomposites for medical devices  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- POPPE, S. WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Enzymatic fast test dpr glutaraldehyde residues on flexible endoscopes  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Development of renewable soil release coatings for heat-insulating facade materials based on interpenetrating polymer networks  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- FREY, S., BESCHNITT, S., KREDEL, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Renewable floorcare coatings for elastic floorings based on counterionic polymeric absorber systems  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- KOLBE, S., DUMSCH, I., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemical synchronous determination of hygiene relevant microorganisms and total germ count on surfaces  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Facade cleaning based on segregating gel networks  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- KRIEG, M., BESCHNITT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Photoacoustic monitoring of coating quality  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017

- FRIEDRICH, T., KRIEG, M., SPROTT, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Nano valve nanoparticles for photoacoustic determination of hygienic status on surfaces  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- FRIEDRICH, T., WAIDMANN, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Light-induced coating and decoating of elastic floorings  
48<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2017
- WEHRL, M.  
Surface disinfection – Methods for process and final control  
Sachverständigentagung im Gebäudereinigerhandwerk, Düsseldorf, November 2016
- WEHRL, M.  
Field investigation to assess the residual protein content on Process Challenge Devices for endoscopes according to Annex 8  
DGSV-Kongress, Fulda, Oktober 2016
- SZILLAT, F.  
Development of a biocatalytic color indicator system for process control of disinfection in commercial dishwashers  
BMW-Innovationstag, Berlin, Juni 2016
- WEHRL, M.  
Development of a novel low-temperature sterilization procedure using supercritical carbon dioxide and of compatible nanocomposites for medical devices  
BMW-Innovationstag, Berlin, Juni 2016
- SZILLAT, F.  
Development of a water-based cleaning process for printing machine houses  
BMW-Innovationstag, Berlin, June 2016
- WEHRL, M.  
Nationwide field investigation aiming the evaluation of residual protein content on Process Challenge Devices according to Annex 8 of the guideline used for the performance qualification of EWD-processes  
DGKH-Kongress, Berlin, April 2016
- WEHRL, M., ACHTEN, A.  
Process control 2.0: New method for the routine check of the overall process efficacy of cleaning-disinfection processes for thermo-labile medical devices  
DGKH-Kongress, Berlin, April 2016
- SZILLAT, F., INFED, N., HLOCH, H.G., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
DIETZEL, S., Fogra Forschungsgesellschaft Druck, München  
Replacement of organic solvents by using a soil-release polymer network  
80. Jahrestagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Regensburg, März 2016

- WEHRL, M.  
Cleaning/disinfection/sterilization of reusable medical devices and implants – Highly compressed CO<sub>2</sub> as “multi-purpose” process medium  
36. LifeScienceNet-Meeting, Medica 2015, Düsseldorf, November 2015
- WEHRL, M., GEBEL, J.  
Development of methods for the comparative evaluation of instrument cleaners  
36. LifeScienceNet-Meeting, Medica 2015, Düsseldorf, November 2015
- HOUBEN, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Disinfection of thermolabile medical devices  
36. LifeScienceNet-Meeting, Medica 2015, Düsseldorf, November 2015
- CASPER, P.  
New Processes and Cleaning Technologies – Automation demand for „tomorrow“?  
Technology Panel „Automated Building Cleaning“, Stuttgart, 2015
- CASPER, P.  
Workgroups and Events  
FRT-General Meeting, Krefeld, 2015
- CASPER, P.  
Participation in standardization work and generation of Employer's Liability Insurance Association information leaflets  
FRT-General Meeting, Krefeld, 2015
- HEINTZ, M.  
Hygiene certification for cleaning enterprises – a chance or a problem?  
FRT-General Meeting, Krefeld, 2015
- WEHRL, M.  
Process Challenge Devices (PCD), for flexible endoscopes – What are we doing and where are we going?  
16<sup>th</sup> World Sterilization Congress of World Federation For Hospital Sterilisation Sciences (WFHSS), & Annual Conference of AFS, Lille, Frankreich, Oktober 2015
- WEHRL, M., OVERLÖPER, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Rapid detection of MRSA on surfaces  
Workshop "Biologische Fassadenreinigung", Amtliche Materialprüfungsanstalt Bremen, September 2015
- MARTEN, G., KOLBE, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemical synchronous determination of hygienically relevant microorganisms and total germ count on surfaces  
Cleaning-Management-Services (CMS), Berlin, 22.-25. September 2015
- KOLBE, S., POPPE, S., STRINITZ, F., GERLACH, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygiene „app“ for elastic floorings: renewable antimicrobial peptide systems  
Cleaning-Management-Services (CMS), Berlin, 22.-25. September 2015

- 
- WEHRL, M., OVERLÖPER, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Rapid detection of MRSA on surfaces  
Workshop "Assessment and monitoring of textile hygiene", Centexbel, Grace-Hollogne, Belgien, September 2015
  - WEHRL, M., HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., BOHNEN, J.  
Development of a novel low-temperature sterilization procedure using supercritical carbon dioxide and of compatible nanocomposites for medical devices  
Workshop "Biologische Fassadenreinigung", Amtliche Materialprüfungsanstalt, Bremen, September 2015
  - WEHRL, M., HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., BOHNEN, J.  
Development of a novel low-temperature sterilization procedure using supercritical carbon dioxide and of compatible nanocomposites for medical devices  
Workshop "Assessment and monitoring of textile hygiene", Centexbel, Grace-Hollogne, Belgien, September 2015
  - WEHRL, M., SCHNEIDER, R., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Process control of surface disinfection with functionalized proteoliposomes  
Workshop "Biologische Fassadenreinigung", Amtliche Materialprüfungsanstalt Bremen, September 2015
  - WEHRL, M., SCHNEIDER, R., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Process control of surface disinfection with functionalized proteoliposomes  
Workshop "Assessment and monitoring of textile hygiene", Centexbel, Grace-Hollogne, Belgien, September 2015
  - WEHRL, M., MARTEN, G., KOLBE, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemical synchronous determination of hygienically relevant microorganisms and total germ count on surfaces  
Workshop "Biologische Fassadenreinigung", Amtliche Materialprüfungsanstalt Bremen, September 2015
  - WEHRL, M., MARTEN, G., KOLBE, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemical synchronous determination of hygienically relevant microorganisms and total germ count on surfaces  
Workshop "Assessment and monitoring of textile hygiene", Centexbel, Grace-Hollogne, Belgien, September 2015
  - WEHRL, M., KOLBE, S., POPPE, S., STRINITZ, F., GERLACH, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygiene „app“ for elastic floorings: renewable antimicrobial peptide systems  
Workshop "Biologische Fassadenreinigung", Amtliche Materialprüfungsanstalt Bremen, September 2015

- WEHRL, M., KOLBE, S., POPPE, S., STRINITZ, F., GERLACH, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygiene „app“ for elastic floorings: renewable antimicrobial peptide systems  
Workshop "Assessment and monitoring of textile hygiene", Centexbel, Grace-Hollogne, Belgien, September 2015
- BERNHARDT, A., WEHRL, M., HOCHMUTH, T., HOYER, B., SCHÜTZ, K., GELINSKY, M.  
Improved sterilization of sensitive biomaterials with supercritical carbon dioxide at low temperatures  
Tissue Engineering and Regenerative Medicine International Society (TERMIS), – EU Meeting, Genova, Italien, Juni 2014
- HOUBEN, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Development of an enzymatic process challenge device to control the overall process performance during reprocessing of flexible endoscopes  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- WEHRL, M., BOHNEN, J.  
A low temperature sterilisation process for bio-resorbable implants using SCCO<sub>2</sub>  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- OVERLÖPER, A., STEC, E., BOHNEN, J.  
Development of thermally switchable dosing systems for a LAMP-rapid detection of MRSA  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- FRIEDRICH, T., MACIOLLEK, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Optochemical care coatings for the control of surface wetting in cleaning and disinfection processes  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- HOUBEN, A., SCHLEBUSCH, M., RIGBERS, O., WEHRL, M.  
Development of a biocatalytic color indicator system for process control of disinfection in commercial dishwashers  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- KÜKREK, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Renewable floorcare coatings for elastic floorings based on counterionic polymeric absorber systems  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- MARTEN, G., KOLBE, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemical synchronous determination of hygiene relevant microorganisms and total germ count on surfaces  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- LAUFS, S., HLOCH, H.G., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
ROMSTEDT, D., FILK, Freiberg  
Dry decoating of resilient floorings with non-thermal atmospheric pressure plasmas  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015

- SZILLAT, F., INFED, N., HLOCH, H.G., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
DIETZEL, S., Fogra Forschungsgesellschaft Druck, München  
Waterbased cleaning process for printing machine housings  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., WEHRL, M., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
LASKE, S., GALLAUN, U., Montanuniversität, Leoben  
Novel low-temperature sterilization procedure using supercritical carbon dioxide and of compatible nanocomposites for medical devices  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- FRIEDRICH, T., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Technology Competency Cluster Functional Surfaces  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- CASPER, P., SCHULZ, T., SPORENBERG, N., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Process for improving cleaning and hygiene of textile floor coverings based on carbon dioxide clathrates  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- STEC, E., KOLBE, S., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Appropriate fast methods for cleaning service enterprises to analyze cleanliness and hygiene in cleanrooms  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- CASPER, P., NEUMANN-SCHMIDT, T., BOHNEN, J.  
Process for industrial parts cleaning based on shock waves and ionic liquids in dense phase carbon dioxide  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- SPETTMANN, D., EHLIG, B., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Renewable impermeable polymeric coatings for elastic floorings with barrier function against permeative soil components  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- WEHRL, M.  
Progress of the German working group for the cleaning of DaVinci-instruments  
Central Sterilising Club Annual Scientific Meeting, Chepstow, UK, April 2015
- HOUBEN, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Development of an enzymatic process challenge device to control the overall process performance during reprocessing of flexible endoscopes  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- WEHRL, M., BOHNEN, J.  
A low temperature sterilisation process for bio-resorbable implants using SCCO<sub>2</sub>  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- HEINTZ, M., BOHNEN, J.  
Reprocessing of cleaning textiles – efficient and hygienically safe  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015

- HOUBEN, A., SCHLEBUSCH, M., RIGBERS, O., WEHRL, M.  
Development of a biocatalytic color indicator system for process control of disinfection in commercial dishwashers  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- KÜKREK, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Renewable floorcare coatings for elastic floorings based on counterionic polymeric absorber systems  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- MARTEN, G., KOLBE, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemical synchronous determination of hygiene relevant microorganisms and total germ count on surfaces  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- LAUFS, S., HLOCH, H.G., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
ROMSTEDT, D., FILK, Freiberg  
Dry decoating of resilient floorings with non-thermal atmospheric pressure plasmas  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- SZILLAT, F., INFED, N., HLOCH, H.G., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
DIETZEL, S. , Fogra Forschungsgesellschaft Druck, München  
Waterbased cleaning process for printing machine housings  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., WEHRL, M., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
LASKE, S., GALLAUN, U., Montanuniversität, Leoben  
Novel low-temperature sterilization procedure using supercritical carbon dioxide and of compatible nanocomposites for medical devices  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- FRIEDRICH, T., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Technology Competency Cluster Functional Surfaces  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Renewable soil release coatings for heat-insulating facade materials based on interpenetrating polymer networks  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- CASPER, P., SCHULZ, T., SPORENBERG, N., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Process for improving cleaning and hygiene of textile floor coverings based on carbon dioxide clathrates  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- STEC, E., KOLBE, S., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Appropriate fast methods for cleaning service enterprises to analyze cleanliness and hygiene in cleanrooms  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015

- CASPER, P., NEUMANN-SCHMIDT, T., BOHNEN, J.  
Process for industrial parts cleaning based on shock waves and ionic liquids in dense phase carbon dioxide  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- SPETTMANN, D., EHLIG, B., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Renewable impermeable polymeric coatings for elastic floorings with barrier function against permeative soil components  
47<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2015
- WEHRL, M., SCHLEBUSCH, M., HOUBEN, A., BOHNEN, J.  
Development of a biocatalytic colour indicator system for the process control of professional dishwashers  
DGKH-Kongress Berlin, Workshop Gewerbliches Spülen, 2014
- WEHRL, M.  
A method for the quantification of protein residues on robotic instruments „DaVinci-instruments“  
Miele Infotag „Instrumentenaufbereitung“, Wals bei Salzburg, 2014
- WEHRL, M.  
Hygiene and reprocessing of medical devices.  
DWI Aachen, Aachen, 2014
- WEHRL, M., HOCHMUTH, T., BERNHARDT, A., HOYER, B., GELINSKY, M.  
Development of novel bio-resorbable implant materials and compatible procedures for sterilization.  
DGKH-Kongress, Berlin, 2014
- WEHRL, M. im Namen der Leitliniengruppe RDG-E  
Guideline for the validation of automated cleaning and disinfection processes for the reprocessing of flexible endoscopes.  
DGKH-Kongress, Berlin, 2014
- WEHRL, M., SCHLEBUSCH, M., HOUBEN, A., BOHNEN, J.  
Development of a biocatalytic colour indicator system for the process control of professional dishwashers.  
DGKH-Kongress, Berlin, 2014
- WEHRL, M., MICHELS, W.  
Methode for the evaluation of cleaning of robotic-instruments.  
DGKH-Kongress, Berlin, 2014
- WEHRL, M., HOCHMUTH, T., BERNHARDT, A., PAUL, B., GELINSKY, M.  
Development of a new sterilization process using DPCO<sub>2</sub> and of novel bio-resorbable implant materials.  
5. Dresdner Medizintechnik Symposium, Dresden, 2014
- HLOCH, H.G.  
Sub-project Easy-to-clean / cleaning and hygiene technology”  
Scientific board meeting Technology Competence Cooperation Functional Surfaces, Krefeld, 2014

- CASPER, P.  
What will the future bring - New Processes and Cleaning Technologies  
Zukunftsforum Gebäudedienste, Stuttgart, 2014
- BOHNEN, J.  
Research & Practice – a strong team  
General assembly of the Europäische Forschungsgemeinschaft Reinigungs- und Hygienetechnologie e.V. (FRT), Weinheim, 2013
- HLOCH, H.G.  
Functional surfaces - cleaning and hygiene technologies  
78. Lacktagung, Schwäbisch Gmünd, 2013
- HLOCH, H.G.  
Hygiene and cleaning technologies in the interconnection project functional surfaces  
3. Branchentag Oberflächentechnologie, NRW Netzwerk Oberfläche, Neuss, 2012
- WEHRL, M. BOHNEN, J.  
The Impact of Surface Coatings in Cleaning and Achievement of Hygiene  
Workshop “Antimicrobial Coatings”, Maastricht, NL, June 2013
- HEINTZ, M.  
Methods for measuring the cleaning efficacy for reprocessing processes of robotic instruments  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- HEINTZ, M.  
Hygiene aspects at reprocessing and usage of cleaning textiles  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- CASPER, P.  
FRT-Workgroups  
FRT-General Meeting, Weinheim, 2013
- CASPER, P., NEUMANN-SCHMIDT, T., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Development of a process for industrial parts cleaning based on shock waves and ionic liquids in dense phase carbon dioxide.  
FRT-General Meeting, Weinheim, 2013
- KOLBE, S.  
Development of Appropriate Fast Methods for Cleaning Service Enterprises to Analyse Cleanliness and Hygiene in Cleanrooms  
CORNET Monitoring Meeting, Wien, 2013
- MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Cleaning method for strongly adhesive industrial soilings on the basis of thixotropic soil-release gels  
20. AiF-Innovationstag, Berlin, 2013
- BOHNEN, J.  
Cross-sectional cleaning and hygiene technology  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013

- HLOCH, H.G., BOHNEN, J.,  
Projects within the Central Innovation Programme for Small and Medium Sized Enterprises (ZIM)  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- WEHRL, M., BOHNEN, J. (wfk), KARAGÜLER, N. G., (Istanbul Technical University)  
New hygiene services in medical device cleaning and reprocessing by the use of liquid carbon dioxide and extremophile enzymes  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- WEHRL, M., HOUBEN, A., BOHNEN, J.  
Simple and quick process for routine evaluation of cleaning and disinfecting performance when reprocessing thermolabile medical devices  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
New cleaning process based on thixotropic soil release gels for the removal of strongly adhesive industrial soilings  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- FRIEDRICH, T., SCHULZ, T., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Renewable soil release coatings for heat insulating façade materials based on interpenetrating polymer networks  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- SCHULZ, T., WEHRL, M., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J. (wfk), KNOSPE, A., BUSKE, C., (Plasmatreat)  
Sterilization of thermolabile flexible endoscopes with atmospheric pressure plasma  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- CASPER, P., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Renewable and slip resistant care coatings for ceramic floorings in water-loaded barefoot areas as well as of a mobile system for the determination of slip resistance  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J. (wfk), LANGER, M. (FILK), JOHNIGK, C., (LLT)  
Self-limiting laser cleaning process to remove temporary floorcare coatings from elastic floorings  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Functional surfaces - cleaning and hygiene technologies  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- KOLBE, S., BOHNEN, J. (wfk), FIJAN, S., SOSTAR TURK, S., ROZMAN, U. (University of Maribor)  
Quick methods used to determine cleanliness of surfaces in cleanrooms  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013

- HEINTZ, MANUEL, BOHNEN, J.  
Methods for testing the cleaning efficacy of reprocessing procedures for robotic instruments  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- WEHRL, MARKUS, BOHNEN, J.  
Development of innovative low temperature procedures for the sterilization of bio-resorbable implants using DPCO<sub>2</sub>  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- WEHRL, MARKUS, BOHNEN, J.  
Development and establishment of Process Challenging Devices for the qualification of reprocessing procedures for thermolabile flexible endoscopes  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- SCHULZ, T., CASPER, P., SPORENBERG, N., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Cleaning and hygiene of textile floorings by means of CO<sub>2</sub>-clathrates  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- KOLBE, S., HILGENBERG, B., HOUBEN, A., BOHNEN, J.  
Rapid tests for process control of disinfection  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- HEINTZ, MANUEL, BOHNEN, J.  
Hygiene aspects of reprocessing and use of cleaning textiles  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- SPORENBERG, N., FRIEDRICH, T., SEYFARTH, K., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Cleaning and disinfection in low temperature areas of the food industry  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- CASPER, P., NEUMANN-SCHMIDT, T., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Cleaning industrial parts on the basis of shock waves and ionic liquids in compressed carbon dioxide  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- MAGGAKIS-KELEMEN, C., SIEVERT, S., BOHNEN, J.  
Luminescent care coatings with integrated functionalization for rapid determination of coating quality  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- SPETTMANN, D., EHLIG, B., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Renewable impermeable polymeric coatings for elastic floorings with barrier function against permeative soil components  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference, Düsseldorf, 2013
- MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Renewable soil-release coating of painting lines  
Symposium of the SEPAWA Section "Professional cleaning and maintenance", Rapperswil/Schweiz, 2013

## Publications

- WEBER, H., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bioinspired, biodegradable polyurethane coatings - Protecting flooring and the environment  
rationell reinigen 10 (2024), 62-63
- SCHABLITZKI, T., NEUMANN-SCHMIDT, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Dry ice blasting process for water-free, hygienic dish-washing  
wfk news 5 (2024), 6-8
- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Plasma-activated ice particles for façade cleaning and disinfection  
wfk news 5 (2024), 3-5
- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Plasma-activated ice particles for façade cleaning and disinfection  
FRT Information 3 (2024), 3-5
- BEDNARZICK, U., HEUVEL, F., SCHMIDT, A.-C., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
AIE-active photosensitizers for monitoring and minimization of microbial contamination in dampening solutions  
FRT Information 3 (2024), 9-11
- SCHABLITZKI, T., NEUMANN-SCHMIDT, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Dry ice blasting process for water-free, hygienic dish-washing  
FRT Information 3 (2024), 6-8
- CASPER, P., WILHELM, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Special enzymes for the degradation of hydrocarbons – Swallowed up - oil-eating bacteria  
rationell reinigen 9 (2024), 52-53
- WILHELM, S., CASPER, P., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biological degradation of specifically designed polyacrylates  
wfk news 4 (2024), 9-11
- CASPER, P., WILHELM, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Special enzymes for the degradation of hydrocarbons - and their exemplary application in washing and cleaning processes  
wfk news 4 (2024), 6-8
- WILHELM, S., CASPER, P., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biodegradation of specially designed polyacrylates – Predetermined breaking points in a care dispersion  
rationell reinigen 7 (2024), 38-39
- WEBER, H., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
From nature for nature: bio-inspired polyurethane coatings and their application on resilient floor coverings  
wfk news 3 (2024), 6-8

- TASKIN, H., NEUMANN-SCHMIDT, T., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Acoustomechanic cleaning of textile floorings – Metallic yarns and shock waves  
rationell reinigen 5 (2024), 48-49
- BEDNARZICK, U., HEUVEL, F., SCHMIDT, A.-C., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Microbial contamination in dampening solutions – When it lights up, turn the light on  
rationell reinigen 4 (2024), 62-63
- FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., KREDEL, A., BOHNEN, J.  
Sustainable surface hygiene due to antimicrobial self-assembling systems  
wfk news 2 (2024), 9-11
- FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., KREDEL, A., BOHNEN, J.  
Sustainable surface hygiene due to antimicrobial self-assembling systems  
FRT Information 2 (2024), 6-8
- WEBER, H., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
From nature for nature: bio-inspired polyurethane coatings and their application on resilient floor coverings  
FRT Information 2 (2024), 6-8
- CASPER, P., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Special enzymes for the degradation of hydrocarbons – and their exemplary application in washing and cleaning processes  
FRT Information 2 (2024), 3-5
- TULINSKI M., WEHRL M., BOHNEN J.  
At-site quantification of fibrin residues on medical instruments - you can see if there is really nothing stuck to it when no light is on  
rationell reinigen 3 (2024), 48-49
- TULINSKI M., WEHRL M., BOHNEN J.  
At-site quantification of fibrin residues on medical instruments  
FRT Information 1 (2024), 3-5
- HEUVEL, F., HERMSEN, A., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Floorcare coatings for automated determination of coating quality - Small particles big effect  
rationell reinigen 2 (2024), 52-53
- SCHABLITZKI, T., WILHELM, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Bioimpedimetric monitoring of disinfection processes - polarizing germs  
rationell reinigen 1 (2024), 48-49
- ERKELENZ, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Immobilizable scorpion primers for the detection of viral pathogens - When the scorpion turns the light on the virus  
rationell reinigen 12 (2023), 37-39

- BEDNARZICK, U., HEUVEL, F., SCHMIDT, A.-C., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
AIE-active photosensitizer for monitoring and minimization of microbial contamination in dampening solutions  
wfk news 6 (2023), 3-5
- SCHMIDT, A., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bio-inspired coatings against hospital pathogens  
rationell reinigen 10 (2023), 50-51
- ERKELENZ, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Immobilizable Scorpion Primers for detection of viral pathogens  
wfk-news 5 (2023), 9-11
- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Development of filters against plastic emissions - A cage full of microplastics  
rationell reinigen 9 (2023), 78-79
- TULINSKI M., WEHRL M., BOHNEN J.  
Catch-sweep fluorescence indicator for continuous monitoring of the microbial status of wipe dispenser systems  
CMS, Berlin, September 2023
- TULINSKI M., WEHRL M., BOHNEN J.  
At-site quantification of fibrin residues on medical instruments  
CMS, Berlin, September 2023
- SCHMIDT, A., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Sustainable hygiene -peptide mimetics  
FRT information 3 (2023), 6-8
- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Dielectrophoretic filters for particle separation and their exemplary application for the removal of microplastics from wastewater generated in the cleaning industry  
FRT Information 3 (2023), 3-5
- WEBER, H., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bioinspired polyurethane coatings  
wfk-news 4 (2023), 9-11
- TASKIN, H., NEUMANN-SCHMIDT, T., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Acousto-mechanical cleaning of textile floorings based on metallic helical yarns  
FRT Information 3 (2023), 9-11
- SCHMIDT, A., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Sustainable hygiene -peptide mimetics  
FRT information 3 (2023), 6-8

- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Dielectrophoretic filters for particle separation and their exemplary application for the removal of microplastics from wastewater generated in the cleaning industry  
FRT Information 3 (2023), 3-5
- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Developing filters against plastic emissions - A cage full of microplastics  
rationell reinigen 9 (2023), 78-79
- PAULHEIM, HEUVEL, F., A., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Inverse Streamer-Corona-Entladung zur Trockendesinfektion textiler Bodenbeläge mit Elektrodenflor / Inverse streamer corona discharge for dry disinfection of textile floor coverings with electrode pile  
Flyer, CMS Berlin, 2023
- WEBER, H., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bioinspired polyurethane coatings  
wfk-news 4 (2023), 9-11
- TASKIN, H., SPETTMANN, D., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Slip resistance and artificial intelligence  
wfk news 4 (2023), 6-8
- WILHELM, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biological degradation of specifically designed polyacrylates  
wfk news 3 (2023), 9-11
- BEDNARZICK, U., SCHMIDT, A.-C., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hydrochromic surfactant systems for controlling surface wetting in cleaning and disinfection processes  
wfk-news 3 (2023), 6-8
- PIEPER, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Thermosolubilizable hydrophobic coating systems  
wfk-news 3 (2023), 3-5
- TASKIN, H., SPETTMANN, D., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Slip resistance and artificial intelligence  
FRT-Information 2 (2023), 6-8
- WEBER, H., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bioinspired polyurethane coatings  
FRT information 2 (2023), 3-5
- ANTOVIC, D., WEBER, H., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bioinspired polyurethane coatings - From nature for nature  
rationell reinigen 6 (2023), 38-40

- TASKIN, H., SPETTMANN, D., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Slip-resistance and Artificial Intelligence – A new approach to slip accident prevention  
rationell reinigen 5 (2023), 50-51
- SAEBELFELD, M, SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Fluorescence quantification of bacterial endospores  
wfk-news 2 (2023), 3-5
- SCHMIDT, A.-C., BEDNARZICK, U., SPETTMANN, D., KREDEL, A.,  
FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Visual control of surface wetting  
rationell reinigen 4 (2023), 56-57
- FRIEDRICH, T., PIEPER, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., BOHNEN, J.  
Coatings for thermal insulation systems - Façade protection with temperature switch  
rationell reinigen 3 (2023), 46-47
- PIEPER, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Thermosolubilizable hydrophobic coating systems  
FRT information 1 (2023), 9-12
- SCHMIDT, A., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hydrochromic surfactant systems for controlling surface wetting in cleaning and disinfection processes  
FRT information 1 (2023), 6-8
- PIEPER, F., SCHMIDT, A., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Brilliant cleanliness thanks to nanocrystals  
WRP 2 (2023), 44
- HINTZMANN, M., SCHMIDT, A., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D.,  
KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bioinspired coatings to improve hygienic safety  
wfk-news 1 (2023), 9-11
- SCHMIDT, A., PIEPER, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Soil release coating for textile floor coverings based on directed-functional nanocellulose  
wfk-news 1 (2023), 6-8
- FRIEDRICH, T., KNOP, J., HINZMANN, M., SPETTMANN, D., KREDEL, A., BOHNEN, J.  
Hygiene in health care and wellness areas - Twist and shine  
rationell reinigen 1 (2023), 43
- PIEPER, F., SCHMIDT, A., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Brilliant cleanliness thanks to nanocrystals  
WRP 1 (2023), 44

- KARSTENS, R., NEUMANN-SCHMIDT, T., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Cleaning of textile floorings based on metallic helical yarns  
WRP 12 (2022), 56-57
- PIEPER, F., SCHMIDT, A., D., SPETTMANN, D., KREDEL, A.,  
FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Soil release coating for textile floor coverings: Brilliant with small crystals  
rationell reinigen 12 (2022), 51
- KABBECK, T., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
At site quantification of fibrin residues on medical instruments  
wfk-news 6 (2022), 9-11
- KNOP, J., HINTZMANN, M., D., SPETTMANN, D., KREDEL, A.,  
FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygiene in healthcare and wellness areas: Monitoring microbiological wa-  
ter quality  
wfk-news 6 (2022), 3-5
- PIEPER, F., SCHMIDT, A., D., SPETTMANN, D., KREDEL, A.,  
FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Soil release coating for textile floor coverings based on directed-functional  
nanocellulose  
FRT information 4 (2022), 9-11
- KNOP, J., HINTZMANN, M., D., SPETTMANN, D., KREDEL, A.,  
FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygiene im Gesundheitswesen und in Wellnessbereichen: Mikrobiologi-  
sche Wasserqualität überwachen  
FRT information 4 (2022), 3-5
- WILHELM, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biological degradation of specifically designed polyacrylates  
FRT Information 4 (2022), 6-8
- SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biological degradation of specifically designed polyacrylates  
rationell reinigen 11 (2022), 44-45
- KOCH, D., ANTOVIC, D., HINZMANN, M., SPETTMANN, D., KREDEL, A.,  
FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Dynamically cross-linked care coating for elastic floorings  
wfk-news 5 (2022), 9-11
- SCHABLITZKI, T., WILHELM, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Bioimpedimetric monitoring of disinfection processes using polarisable  
membrane models  
wfk news 5 (2022), 6-8
- KABBECK, T., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Reinigungskontrolle bei medizinischen Instrumenten - Wenn Eiweiß nicht  
das Gelbe vom Ei ist  
rationell reinigen 10 (2022), 48-51

- 
- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Electronic performance indicator for commercial dish-washers  
FRT information 3 (2022), 9-11
  - HINZMANN, M., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bioinspired coatings to improve hygienic safety  
FRT information 3 (2022), 6-8
  - KABBECK, T., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
At site quantification of fibrin residues on medical instruments  
FRT information 3 (2022), 3-5
  - HINZMANN, M., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Sustainable hygiene for resilient floor coverings - bioinspired filming  
rationell reinigen 9 (2022), 20-21
  - OBERLEITNER, L., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Monitoring the microbial status of wipe dispensing systems - Catch me if  
you're germ  
rationell reinigen 8 (2022), 40-41
  - MEESEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Detection of hygiene-relevant ESKAPE pathogens – Last germ out, turn off  
the lights  
rationell reinigen 7 (2022), 23-25
  - OBERLEITNER, L., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Catch-Sweep Fluorescence Indicator for Continuous Monitoring of the Mi-  
crobial Status of Cloth Dispensing Systems  
wfk-news 3 (2022), 9-11
  - KABBECK, T., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Duplex amplification method for in-situ rapid detection of hygiene-relevant  
germs on flexible endoscopes  
FRT information 2 (2022), 9-11
  - MEESEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Convergent amplification and fluoroswitch-based detection of HAI associ-  
ated ESKAPE group pathogenes  
FRT information 2 (2022), 6-8
  - OBERLEITNER, L., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Catch-Sweep Fluorescence Indicator for Continuous Monitoring of the Mi-  
crobial Status of Cloth Dispensing Systems  
FRT information 2 (2022), 3-5
  - RITTERSKAMP, N., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Automated determination of filming quality - Small particles, big effect  
rationell reinigen 5 (2022), 62-63
  - RITTERSKAMP, N., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Magnetosensitive floorcare coatings for resilient floor coverings for auto-  
mated, process-integrated determination of coating quality  
wfk-news 2 (2022), 9-11

- MEESEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Convergent amplification and fluoroswitch-based detection of HAI associated ESKAPE group pathogens  
wfk-news 2 (2022), 6-8
- KARSTENS, R., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Acousto-mechanical cleaning of textile floorings based on metallic helical yarns  
wfk-news 2 (2022), 3-5
- KARSTENS, R., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Acoustomechanical cleaning of textile floor coverings - Pushing the dirt out of the carpet  
rationell reinigen 4 (2022), 48-51
- KOCH, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Dynamically cross-linked care coating for elastic floorings  
FRT information 1 (2022), 9-11
- RITTERSKAMP, N., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Magnetosensitive floorcare coatings for resilient floor coverings for automated, process-integrated determination of coating quality  
FRT information 1 (2022), 6-8
- KARSTENS, R., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Acousto-mechanical cleaning of textile floorings based on metallic helical yarns  
FRT information 1 (2022), 3-5
- WOLF, N., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Detection of viral pathogens with scorpion primers -when replication is a bright idea  
rationell reinigen 3 (2022), 54-55
- SCHABLITZKI, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Self-monitoring of disinfection processes - Process hygiene with a potential  
rationell reinigen 2 (2022), 46-47
- WOLF, N., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Low-energy disinfection - With "Plan A" against germs  
rationell reinigen 1 (2022), 40-41
- SCHNEE, M., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Artificial intelligence for determining the slip-resistance class of laid elastic floor covering  
wfk-news 1 (2022), 9-11
- KABBECK, T., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Duplex amplification method for in-situ rapid detection of hygiene-relevant germs on flexible endoscopes  
wfk-news 1 (2022), 6-8

- KLÜPPEL, A., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Floorcare coatings from liquid membrane separated complementary phase dispersions  
wfk-news 6 (2021), 10-11
- REINDL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Fluorescence quantification of bacterial endospores  
wfk-news 6 (2021), 6-9
- PAULHEIM, A., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Inverse streamer corona discharge for dry disinfection of textile floor coverings with electrode pile  
wfk-news 6 (2021), 3-5
- NYSAR, I., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Magnetostrictive snap sensitizing sensor to control the microbiological water quality  
FRT information 4 (2021), 9-11
- REINDL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Immobilizable Primers for detection pathogens  
FRT information 4 (2021), 6-8
- ALEXOWSKY, C., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Bioimpedimetric monitoring of disinfection processes using polarisable membrane models  
FRT information 4 (2021), 3-5
- PIEPER, F., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Residue-free cleaning of textile floor coverings - Warm in, cold out  
rationell reinigen 12 (2021), 38-39
- KOCH, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Care coatings with self-healing powers - Dynamically counter high traffic areas  
rationell reinigen 11 (2021), 48-49
- CASPER, P., NEUMANN-SCHMIDT, T., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Plasmabasierte Trockenentschichtung elastischer Bodenbeläge  
wfk-news 5 (2021), 10-11
- PIEPER, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Stimulus-amphiphilic surfactant systems for cleaning of textile floor coverings  
wfk-news 5 (2021), 6-7
- REINDL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Immobilizable Scorpion Primers for detection of viral pathogens  
wfk-news 5 (2021), 3-5
- SCHNEE, M., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Determining slip resistance - Robo-logic instead of inclined plane  
rationell reinigen 10 (2021), 58-59

- ENGELKE, A., ERENBURG, I., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
On-demand inactivation of microbial contaminations in damping solutions in off-set printing presses with 3D-printed, biodegradable hydrogels  
FRT information 3 (2021), 9-11
- KLÜPPEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
pH-associated floorcare coatings for elastic floorings  
FRT information 3 (2021), 6-8
- REINDL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Evaluation of disinfection performance of catalytic UVA treatment of weakly microbial contaminated waters  
FRT information 3 (2021), 3-5
- ENGELKE, A., ERENBURG, I., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Biofouling in offset printing presses - Hydrogel against microbial growth  
rationell reinigen 9 (2021), 68-69
- OSSIG, R., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Disinfection and deodorisation of textile floor coverings with plasma-activated water vapour during daily maintenance cleaning  
wfk-news 4 (2021), 9-11
- NYSAR, I., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Magnetostrictive snap sensitizing sensor to control the microbiological water quality  
wfk-news 4 (2021), 6-8
- WOLF, N., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Evaluation of disinfection performance of catalytic UVA treatment of weakly microbial contaminated waters  
wfk-news 4 (2021), 3-5
- MEESSEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Detection of hygiene-relevant ESKAPE pathogens - A clever escape forward  
rationell reinigen 7 (2021), 54-55
- ENGELKE, A., ERENBURG, I., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
On-demand inactivation of microbial contaminations in damping solutions in offset printing presses with 3D-printed, biodegradable hydrogels  
wfk-news 3 (2021), 6 - 8
- SCHNEE, M., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Artificial intelligence for determining the slip-resistance class of laid elastic floor covering  
FRT info 2 (2021), 9-11
- REINDL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Fluorescence quantification of bacterial endospores - detection with signal amplification in a DIY approach  
rationell reinigen 6 (2021), 58-59

- PAULHEIM, A., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Dry disinfection and deodorization of textile floor coverings with electrode pile – Holy Moses! The germs are gone!  
rationell reinigen 5 (2021), 60-61
- WEHRL, M.  
Influence of the eluent on the microorganism recovery rate in endoscope test pieces  
CentralService 5 (2020), 272-277
- WEHRL, M.  
Influence of the eluent on the microorganism recovery rate in endoscope test pieces  
Hygiene & Medizin 4 (2021), D44-D49
- ROEBEN, E., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Quasi liquid coating systems for facades: Easier cleaning of porous materials  
rationell reinigen 4 (2021), 60-61
- KLÜPPEL-HECK, A., STADTMÜLLER, C., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
pH-associated floorcare coatings for elastic floorings  
wfk-news 2 (2021), 9-11
- SCHMIDT, S., SCHLATTMANN, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Quantum dot based electrochemiluminescence for a rapid multiplex detection of hygiene-relevant germs and total germ count  
wfk-news 2 (2021), 6-8
- RIEDEL, R., DRENKOW, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
MRSA detection based on up-conversion glassfibres: Gold for recognition  
rationell reinigen 3 (2021), 54-55
- Pieper, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Stimulus-amphiphilic surfactant systems for cleaning of textile floor coverings  
FRT information 1 (2021), 10-11
- PAULHEIM, A., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Inverse streamer corona discharge for dry disinfection of textile floor coverings with electrode pile  
FRT info 1 (2021), 3-5
- ROEBEN, E., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Quasi liquid coating systems based on trifunctional polymers for the generation of oil and water-repellent surfaces  
wfk-news 1 (2021), 9-11
- ROEBEN, E., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Novel polyurethane coating for elastic floorings: Simple renovation  
rationell reinigen 2 (2021), 51

- KLÜPPEL-HECK, A., STADTMÜLLER, C., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Care coating for elastic floorings: Following nature's example  
rationell reinigen 1 (2021), 48-49
- MEESEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Convergent amplification and fluoroswitch detection for hygienically relevant ESKAPE group pathogens  
FRT information 4 (2020), 9-11
- OSSIG, R., NEUMANN-SCHMIDT, T, HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Disinfection and deodorization of extile floorings with plasma-activated water vapour during daily maintenance cleaning  
FRT information 4 (2020), 6-8
- RINK, V., PFANNMÜLLER, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Rapid detection of hygiene-relevant germs on flexible endoscopes  
FRT information 4 (2020), 4-5
- OSSIG, R., NEUMANN-SCHMIDT, T, HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Disinfection and deodorization with plasma-activated water vapour  
rationell reinigen 12-2020, 46-47
- ROEBEN, E., ANTOVIC, D., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Temperature-connective polyurethane coating for elastic floorings  
wfk-news 6 (2020), 8-9
- MEESEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Convergent amplification and fluoroswitch-based detection of HAI associated ESKAPE group pathogens  
wfk-news 6 (2020), 3-5
- SEIDEL, S., RIEDEL, R., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Piezoelectric MRSA detection  
rationell reinigen 11 (2020), 56-57
- RINK, V., PFANNMÜLLER, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Duplex amplification method for in situ-rapid detection of hygiene-relevant germs on flexible endoscopes  
wfk-news 5 (2020), 8-9
- RINK, V.  
Real-time hygiene monitor based on stimulus sensitive liposomes  
wfk-news 5 (2020), 10-11
- RINK, V.  
Rapid detection of hygiene-relevant germs on flexible endoscopes - Bringing light into the dark  
rationell reinigen 10 (2020), 58-59
- KLÜPPEL, A.  
pH-associated floorcare coatings for elastic floorings  
FRT information 3 (2020), 10-11

- 
- SEIDEL, S.  
Piezoelectric MRSA detection under coupling of photoinduced acoustic waves  
FRT information 3 (2020), 8-9
  - CASPER, P.  
Plasma-based dry decoating of elastic floorings  
FRT information 3 (2020), 6-7
  - HENNIG, G.  
Magnetostrictive snap sensitizing sensor to control the microbiological water  
FRT information 3 (2020), 3-5
  - HENNIG, G.  
Control of the microbiological water quality  
Non-contact germ counting with magnetic fields  
rationell reinigen 9 (2020), 56-57
  - ALEXOWSKI, C.  
Electronic performance indicator for commercial dishwashers - Keeping control with fast error analysis  
rationell reinigen 07-08 (2020), 54-55
  - RIEDEL, R.  
MRSA detection based on upconversion glass fibres  
FRT information 2 (2020), 10-11
  - KLÜPPEL, A.  
Floorcare coatings from liquid membrane separated complementary phase dispersions  
FRT information 2 (2020), 8-9
  - CASPER, P.  
Shock wave based cleaning method for wet barefoot areas  
FRT information 2 (2020), 3-5
  - BOHNEN, J.  
FRT General Assembly on 12 and 13 November 2020 in Mainz  
FRT information 2 (2020), 2
  - KLÜPPEL, A.  
Opposites protect the soil -  
Liquid membrane separated complementary phase dispersions  
rationell reinigen 6 (2020), 53
  - PRINZ, H., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Plasma-based dry decoating of elastic floorings – The dry-shod-way to re-filming  
rationell reinigen 5 (2020), 54-55
  - KOTT, M., SEGHAOUI, M., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Pulling dirt out of the carpet  
rationell reinigen 4 (2020), 46-47

- KOTT, M., SEGHAOUI, M., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Magneto-spumarc particles for residue-free cleaning of textile floor coverings  
wfk-news 2 (2020), 10-11
- SCHLESIER, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Catalytic aptazyme reporter systems for fungal spore detection  
wfk-news 2 (2020), 3-5
- ALEXOWSKI, C., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Electronic performance indicator for commercial dishwashers  
FRT information 1 (2020), 9-11
- SCHLESIER, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Catalytic aptazyme reporter systems for fungal spore detection  
FRT information 1 (2020), 4-8
- BOHNEN, J.  
FRT General Assembly on 12 and 13 November 2020 in Mainz  
FRT information 1 (2020), 3
- RIEDEL, R., DRENKOW, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
MRSA detection based on up-conversion glassfibres  
rationell reinigen 3 (2020), 58-59
- SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Electronic performance indicator for commercial dishwashers  
wfk-news 1 (2020), 3-5
- CASPER, P., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Shock wave based cleaning method for wet barefoot areas – NDW – The New Dirt-Away-Wave  
rationell reinigen 2 (2020), 26-27
- HELLMERT, M., PIEPER, F., SPETTMANN, D., KREDEL, A., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Excited soil removal  
rationell reinigen 1 (2020), 44-45
- OSSIG, R., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Plasma-activated water: Hygienisation of shoes even in hard times  
FRT information 4 (2019), 8-11
- CASPER, P.  
FRT General Assembly 2019  
FRT information 4 (2019), 3-7
- HELLMERT, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Light-induced coating and decoating of elastic floor coverings - Spot on: Coating-free  
rationell reinigen 12 (2019), 37

- MEEßEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Gel pads against bad atmosphere – Continuous monitoring of the hygiene status in HVAC systems  
rationell reinigen 11 (2019), 36-37
- MEEßEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Using ion jelly detectors for continuous monitoring of hygiene status of HVAC systems  
wfk-news 5 (2019), 9-11
- OSSIG, R., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Plasma-activated water: Hygienisation of shoes even in hard times  
wfk-news 5 (2019), 6-8
- HELLMERT, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Light-induced coating and decoating of elastic floorings  
FRT information 3 (2019), 6-7
- ACHTEN, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Real-time hygiene monitor based on stimulus-sensitive vesicles  
rationell reinigen 7 (2019), 70-71
- MEEßEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Using ion jelly detectors for continuous monitoring of hygiene status of HVAC systems  
FRT information 3 (2019), 8-11
- VATERRODT, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Light-induced coating and decoating of elastic floorings  
FRT information 3 (2019), 6-7
- KREDEL, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Self-regenerating, fluorine-free, hydrophobic and oleophobic finishing of textile materials based on self-opening micelles  
FRT information 3 (2019), 2-5
- WEUSTER, A., SPETTMANN, D., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Shoe hygiene thanks to plasma-activated water vapour - Never again stinky boots  
rationell reinigen 9 (2019), 74-75
- SEIDEL, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Evaluation of surface cleanliness - Automated evaluation using test inks  
rationell reinigen 8 (2019), 38
- ACHTEN, A., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Real-time hygiene monitor - Magic color change  
rationell reinigen 7 (2019), 70
- KREDEL, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Finishing of textiles - Micelle, open up  
rationell reinigen 6 (2019), 52

- SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygiene in health care and wellness areas - Monitoring the microbiological water quality  
rationell reinigen 5 (2019), 40-41
- VAN DEN BERG, T., THIERFELD, H., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Enzyme-Janus particle indicator for controlling the hygiene status of surfaces  
FRT information 1-2 (2019), 9-11
- BOHNEN, J.  
26<sup>th</sup> Innovation Day SME of the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy  
FRT information 1-2 (2019), 2
- BOHNEN, J.  
Technical Congress Industrial Cleaning, 49<sup>th</sup> IDC - Challenges & Market Potentials  
FRT information 1-2 (2019), 4-8
- VAN DEN BERG, T., THIERFELD, H., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Controlling the hygiene status of surfaces - Particles with two different faces  
rationell reinigen 4 (2019), 42-43
- SEIDEL, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Photoacoustic monitoring of the coating quality - Making resilient floor coverings buzz  
rationell reinigen 3 (2019), 44-45
- FESEL, P., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Early detection system for mould spores in indoor air - Luminous mould spores - Making the invisible visible  
rationell reinigen 2 (2019), 38-39
- CASPER, P.  
FRT – general assembly with exciting lectures  
rationell reinigen 1 (2019), 67-68
- CASPER, P., SPETTMANN, D., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Shock wave-based cleaning process for wet barefoot areas  
FRT information 4 (2018), 6-7
- CASPER, P.  
FRT general assembly 2018  
FRT information 4 (2018), 3-5
- CASPER, P., SPETTMANN, D., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Shock wave based cleaning process for wet barefoot areas – Death blow for stubborn soiling  
rationell reinigen 12 (2018), 44-45

- 
- KRIEG, M., SEIDEL, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Test system for the evaluation of wettability and surface cleanliness  
FRT information 4 (2018), 8-9
  - KRIEG, M., SEIDEL, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Test system for the evaluation of wettability and surface cleanliness  
wfk-news 5 (2018), 8-9
  - KAMPE, A., BRILL F.H.H., PFANNMÜLLER A., WEHRL, M.  
Control of cleaning of dental transmission instruments: Challenges posed  
by chemical residues  
Aseptica 3 (2018)
  - WEUSTER, A., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Removal of germs and odours in safety shoes - before it stinks to the sky  
rationell reinigen 9 (2018), 48
  - FESEL, P., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Detection of fungal spores in ambient air using catalytic aptazyme reporter  
systems  
FRT information 3 (2018), 7-9
  - SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Facade-cleaning based on segregating gel networks  
FRT information 3 (2018), 5-7
  - SEIDEL, S., KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Making elastic floor coverings sound: Photoacoustic monitoring of the coat-  
ing quality of elastic floorings  
FRT information 3 (2018), 3-5
  - SEIDEL, S., KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Making elastic floor coverings sound: Photoacoustic monitoring of the coat-  
ing quality  
wfk-news 4 (2018), 10-11
  - KAMPE, A., BRILL F.H.H., PFANNMÜLLER A., WEHRL, M.  
Control of cleaning of dental transmission instruments: Challenges posed  
by chemical residues  
Aseptica 3 (2018)
  - KRIEG, M., SEIDEL, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Evaluation of surface cleanliness - Easy and simple detection  
rationell reinigen 7 (2018), 46-47
  - HELLMERT, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Cleanliness due to stimulated soil removal - Stimuli-connective surfactant  
systems  
rationell reinigen 6 (2018), 52
  - MEESEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Monitoring of the hygiene of ventilation systems using ion jelly detectors  
FRT information 2 (2018), 9-11

- KRIEG, M., VON KIEDROWSKI, V., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Eavesdropping on microorganisms: Nanovalve nanoparticles for photoacoustic determination of hygienic status on surfaces  
FRT information 2 (2018), 7-8
- HELLMERT, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Stimuli-connective surfactant systems for residue-free local soil removal from textile materials  
FRT information 2 (2018), 5-6
- KAMPE, A., WEHRL, M., PFANNMÜLLER, A., BRILL, F.H.H.  
Determination of residual amount of protein in manually processed dental transmission instruments. A method for elimination of matrix effects  
Aufbereitung in der Praxis 2 (2018)
- KRIEG, M., VON KIEDROWSKI, V., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Eavesdropping on microorganisms: Nanovalve nanoparticles for photoacoustic determination of hygienic status on surfaces  
wfk-news 3 (2018), 9-10
- HELLMERT, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Stimuli-connective surfactant systems for residue-free local soil removal from textile materials  
wfk-news 3 (2018), 7-8
- FESEL, P., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Catalytic Aptazym reporter systems for fungal spore detection  
wfk-news 3 (2018), 5-6
- HEINZE, E., VAN DEN BERG, T., KREDEL, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Visible surface wetting - Visual control of cleaning and disinfection processes  
rationell reinigen 4 (2018), 32
- HEINZE, E., VAN DEN BERG, T., KREDEL, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Optochemical care coatings for controlling of surface wetting in cleaning and disinfection processes  
wfk-news 2 (2018), 9-10
- SPROTT, S., MISSONG, R., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Efficient soil removal from porous materials - Facade-cleaning based on segregating gel networks  
rationell reinigen 3 (2018), 34-35
- ACHTEN, A., THYSSEN, C., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameter-related process control of disinfection  
FRT information 1 (2018), 9-11

- HEINZE, E., VAN DEN BERG, T., KREDEL, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Optochemical care coatings for controlling of surface wetting in cleaning and disinfection processes  
FRT information 1 (2018), 5-6
- ACHTEN, A., THYSSEN, C., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameter-related process control of disinfection  
wfk-news 1 (2018), 9-11
- ACHTEN, A., HEINZE, E., FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Fountain solution preservation offset printing  
rationell reinigen 2 (2018), 37
- ACHTEN, A., THYSSEN, C., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameter-related process control  
rationell reinigen 1 (2018), 36-37
- ACHTEN, A., THYSSEN, C., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
On site self-monitoring of commercial dishwashing processes - a colourful alternative  
rationell reinigen 1 (2018), 36-37
- WEHRL, M., ACHTEN, A.  
Rapid enzymatic test system for the overall process efficacy of automated washer-disinfector processes for thermolabile endoscopes  
Zentralsterilisation 1 (2018), 29–37
- HEINZE, E., KREDEL, A., VAN DEN BERG, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Research projects in progress: Optochemical care coatings  
FRT information 4 (2017), 11
- ACHTEN, A., THYSSEN, C., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameter-related process control - IGF 18792 N  
FRT information 4 (2017), 11
- ACHTEN, A. HEINZE, E., FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Fountain solution preservation offset printing - IGF 18892 N  
FRT information 4 (2017), 10
- WAIDMANN, T., VATERRODT, A., HEINZE, E., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Research projects in progress: Light-induced coating and decoating  
FRT information 4 (2017), 10
- KRIEG, M., SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Research projects in progress: Nanovalve nanoparticles  
FRT information 4 (2017), 10
- FREY, S., BESCHNITT, S., KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Research projects in progress: Photoacoustic monitoring coating quality  
FRT information 4 (2017), 10

- VATERRODT, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Research projects in progress: Energy efficient air dehumidification hydrogels  
FRT information 4 (2017), 9
- MEESEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Monitoring system air-conditioning systems  
FRT information 4 (2017), 9
- SPROTT, S., MISSONG, R., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Research projects in progress: Segregating gel networks  
FRT information 4 (2017), 9
- WEUSTER, A., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Hygienization of safety shoes  
FRT information 4 (2017), 8
- MEESEN, J., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Monitoring system air-conditioning systems - IGF 19147 N  
FRT information 4 (2017), 6
- CASPER, P.  
FRT general assembly 2017  
FRT information 4 (2017), 3-5
- CASPER, P.  
General meeting with interesting lectures  
rationell reinigen 12 (2017), 75
- SPROTT, S., MISSONG, R., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Facade-cleaning based on segregating gel networks  
wfk-news 6 (2017), 9-11
- WEHRL, M., ACHTEN, A., BOHNEN, J.  
Rapid test system for automated washer-disinfector processes  
Management & Krankenhaus 6 (2017), 27
- VATERRODT, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Energy efficient air dehumidification - Air-conditioning systems  
rationell reinigen 11 (2017), 43
- VATERRODT, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Energy-efficient air dehumidification based on light sensitive hydrogels  
wfk-news 5 (2017), 5-6
- FREY, S., BESCHNITT, S., KREDEL, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Counterionic coating - higher chemical resistance and durability  
FRT information 2 (2017), 10-11
- KRIEG, M., SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Nanovalve nanoparticles for photoacoustic determination of hygienic status on surfaces  
wfk-news 2 (2017), 8-9

- CASPER, P.  
Cleaning textiles: Correctly washed and prepared – many factors interact  
Global Cleaning (2017), 48
- ACHTEN, A., HEINZE, E., FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Need-based fountain solution preservation with enzymatically activatable  
an timicrobial systems for prevention of biofouling in offset printing  
FRT information 3 (2017), 10
- VATERRODT, A., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Energy-efficient air dehumidification based on light sensitive hydrogels  
FRT information 3 (2017), 9
- CASPER, P.  
A common language for all: FRT guidelines and FRT information brochures  
FRT information 3 (2017), 6
- HEINTZ, M.  
Hygienic Reprocessing of Cleaning Textiles - CMS Practice Forum 2017  
FRT information 3 (2017), 5
- CASPER, P.  
FRT at CMS 2017 - Between World Congress and Digitalization  
FRT information 3 (2017), 4
- CASPER, P.  
FRT general meeting on 9 and 10 November 2017 in Augustdorf  
FRT information 3 (2017), 3
- WEHRL, M., ACHTEN, A.  
Rapid enzymatic test system for the overall process efficacy of automated  
washer-disinfector processes for thermolabile endoscopes  
Hygiene & Medizin 9 (2017), D98–D106
- WEUSTER, A., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Sanitation of shoes with plasma activated water vapour – Fighting smoking  
shoes  
rationell reinigen 9 (2017) 108
- WEHRL, M.  
A new test for glutaric aldehyde residues – A-OK with no colour  
rationell reinigen 8 (2017) 36
- FREY, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Counter-ionic floor finishes – durable and lasting  
rationell reinigen 7 (2017), 42
- WEUSTER, A., HLOCH, H.G., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Disinfection of safety shoes by plasma activated water vapour  
FRT information 2 (2017), 8
- WEHRL, M.  
24<sup>th</sup> Innovation Day for SME of the BMWi  
FRT information 2 (2017), 6

- WAIDMANN, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Lightinduced coating and coating removal on resilient floorings – A matter of wave length  
rationell reinigen 6 (2017), 28
- KRIEG, M., SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygienic status on surfaces – photoacoustic determination with nano valve nano particles  
rationell reinigen 5 (2017), 54
- KRIEG, M., FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Quality of floor finishes – photoacoustic control  
rationell reinigen 4 (2017), 36
- WEHRL, M.  
Enzymatic comparative test for glutaraldehyde residues on flexible endoscopes  
FRT information 1 (2017), 10
- WAIDMANN, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Light-induced coating and decoating of elastic floorings,  
FRT information 1 (2017), 8
- KRIEG, M., FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Nano valve nanoparticles for photoacoustic determination of hygienic status on surfaces  
FRT information 1 (2017), 6
- CASPER, P.  
Technical Congress on 05 April 2017 - Industrial Cleaning  
FRT information 1 (2017), 3
- KOLBE, S., ACHTEN, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Disinfection in professional dishwashers – Colourful test method for a safe self-monitoring  
rationell reinigen 3 (2017), 40
- CASPER, P.  
Appropriate cleaning and reprocessing of cleaning textiles - Interaction of several factors  
rationell reinigen 02 (2017), 44-47
- KOLBE, S., DUMSCH, I., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Self-monitoring of cleaning and disinfection processes – Determination of microorganisms and germs on surfaces  
rationell reinigen 2 (2017), 35
- FRIEDRICH, T., WAIDMANN, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Light-induced coating and decoating of elastic floorings  
wfk-news 1 (2017)
- SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Facade cleaning – Easily getting rid of dirt on porous materials  
rationell reinigen 1 (2017), 54

- FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Photoacoustic monitoring of coating quality  
wfk-news 6 (2016), 11
- ACHTEN, A., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameter-related process control of disinfection in commercial dishwashers based on functionalized vesicles  
wfk-news 6 (2016), 10
- SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Facade-cleaning based on segregating gel networks  
wfk-news 6 (2016), 8-9
- ACHTEN, A., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Parameter-related process control of disinfection in commercial dishwashers based on functionalized vesicles  
FRT information 4 (2016), 11
- FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Photoacoustic monitoring of coating quality  
FRT information 4 (2016), 10
- SPROTT, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Facade-cleaning based on segregating gel networks  
FRT information 4 (2016), 8-9
- KOLBE, S., GERLACH, T., STOLZ, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Hygiene “app” for elastic floorings: Renewable antimicrobial peptide primer systems  
FRT information 4 (2016), 6-7
- ACHTEN, A., STOLZ, M., HEINZE, E., WEHRL, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
DIETZEL, S., RAUH, W., Fogra Forschungsgesellschaft Druck, München  
Need-based fountain solution preservation with enzymatically activatable antimicrobial systems for preventing of biofouling in offset printing  
wfk-news 5 (2016), 11
- CASPER, P.  
FRT guidelines and information brochures: A common language for all  
rationell reinigen 10 (2016), 36-37
- KOLBE, S., DUMSCH, I., SPETTMANN, D., WEHRL, M., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemical synchronous determination of hygiene relevant microorganisms and total germ count on surfaces  
wfk-news 5 (2016), 8-10
- CASPER, P.  
A common language for all: FRT guidelines and information brochures  
FRT information 3 (2016), 10

- CASPER, P., BOHNEN, J.  
Development of a rapid detection for MRSA – Easy self monitoring method for cleaning service providers  
BauPortal 6 (2016), 79
- CASPER, P., BOHNEN, J.  
Research for practice of cleaning and hygiene technology  
BauPortal 6 (2016), 78
- ACHTEN, A., STOLZ, M., HEINZE, E., WEHRL, M., SPETTMANN, D.,  
FRIEDRICH, T., BOHNEN, J., wfk, Krefeld  
DIETZEL, S., RAUH, W., Fogra Forschungsgesellschaft Druck, München  
Need-based fountain solution preservation with enzymatically activatable antimicrobial systems for preventing of biofouling in offset printing  
FRT information 3 (2016), 9
- KOLBE, S., DUMSCH, I., SPETTMANN, D., WEHRL, M., FRIEDRICH, T.,  
BOHNEN, J.  
Biochemical synchronous determination of hygienic relevant microorganisms and total germ count on surfaces  
FRT information 3 (2016), 6-8
- OSSIG, R., BOHNEN, J.  
Non-thermal atmospheric pressure plasmas for dry decoating – Basic cleaning resilient floorings, (IGF 18035 BG)  
rationell reinigen 9 (2016), 34-35
- HEIMANN, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Checking surface wetting - cleaning and disinfection measures  
rationell reinigen 8 (2016), 54
- WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Simply applicable test - disinfection of medical devices  
rationell reinigen 7 (2016), 32
- FREY, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Bilayer coating against permeative soils  
FRT information 2 (2016), 6-7
- HEIMANN, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Optochemical care coatings for controlling of surface wetting in cleaning and disinfection processes  
FRT information 2 (2016), 4-5
- OSSIG, R., HLOCH, H., BOHNEN, J.  
Dry basic cleaning of elastic floorings with atmospheric-pressure plasma  
FRT information 2 (2016), 8-9
- OVERLÖPER, A., SCHNEIDER, R., WEHRL, M., SPETTMANN, D.,  
BOHNEN, J.  
Development of a rapid detection method for MRSA – Simple self-check for cleaning service providers  
FRT information 2 (2016), 10-11

- FREY, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BESCHNITT, S., BOHNEN, J.  
Slim and resistant - New care coating against permeative soils  
rationell reinigen 6 (2016), 41
- KOLBE, S., FRIEDRICH, T., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Renewable antimicrobial peptide primer systems (APP) for resilient floor coverings (hygiene-APP)  
rationell reinigen 5 (2016), 44-45
- SCHNEIDER, R., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Method for internal self-control developed - surface disinfection (fluorescence signal)  
rationell reinigen 4 (2016), 38-39
- OVERLÖPER, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Development of a rapid detection method for MRSA – Simple self-check for cleaning service providers  
rationell reinigen 3 (2016), 41
- ACHTEN, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Development of a biocatalytic color indicator system for process control of disinfection in commercial dishwashers  
FRT information 1 (2016), 10-11
- SZILLAT, F., M., BOHNEN, J.  
No pressure – cleaning after printing  
FRT information 1 (2016), 8-9
- SCHNEIDER, R., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Process control of surface disinfection with functionalized proteoliposomes  
FRT information 1 (2016), 6-7
- POPPE, S., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Enzymatic comparative test for glutaraldehyde residues on flexible endoscopes  
FRT information 1 (2016), 4-5
- MARTEN, G., KOLBE, S., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Biochemical synchronous determination of hygienically relevant microorganisms and total germ count on surfaces  
rationell reinigen 2 (2016), 24-25
- SZILLAT, F.  
Interview about „Water-based cleaning process for printing machine housings“ with Mr. Bähler  
wfk-news 6 (2015), 10
- HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., BOHNEN, J.  
Development of a novel low-temperature sterilization procedure using supercritical carbon dioxide and of compatible nanocomposites for medical devices  
wfk-news 6 (2015), 6-9

- FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Segregating gel networks for facade cleaning  
wfk-news 6 (2015), 4-5
- HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., BOHNEN, J.  
Development of a novel low-temperature sterilization procedure using supercritical carbon dioxide and of compatible nanocomposites for medical devices  
FRT information 4 (2015), 8-11
- JACHLEWSKI, W., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Enzymatic comparative test for glutaraldehyde residues on flexible endoscopes  
wfk-news 6 (2015), 3-4
- KOLBE, S., POPPE, S., STRINITZ, F., GERLACH, T., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygiene „app“ for elastic floorings: renewable antimicrobial peptide systems  
FRT information 4 (2015), 6-8
- CASPER, P.  
FRT general assembly 2015  
FRT information 4 (2015), 3
- HOUBEN, A., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biofouling in offset printing: printing process and hygiene in focus  
rationell reinigen 11 (2015), 52
- OSSIG, R., HLOCH, H.G.  
Without water due to plasma - decoating of elastic floorings  
rationell reinigen 10 (2015), 32-33
- OSSIG, R., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Decoating resilient flooring - without water thanks to plasma  
rationell reinigen 10 (2015), 32
- SCHNEIDER, R., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Process control of surface disinfection - New quick test is researched  
rationell reinigen 9 (2015), 65
- STRINITZ, F., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Two layers against permeative soils - opposites attract each other  
rationell reinigen 8 (2015), 23
- OVERLÖPER, A., WEHRL, M., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Developing an MRSA quick test - Simple self-monitoring  
rationell reinigen 7 (2015), 30
- HOUBEN, A., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Process control of disinfection in dishwashers - Cost-effective alternative  
rationell reinigen 6 (2015), 29

- SZILLAT, F., HLOCH, H.G., BOHNEN, J.  
Water-based cleaning method for printing housings - After printing is ahead of print  
rationell reinigen 5 (2015), 28
- KRIEG, M., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Cleaning heat insulating facades - a protective layer for walls  
rationell reinigen 4 (2015), 26
- JACHLEWSKI, W., KOLBE, S., SPETTMANN, D., FRIEDRICH, T., BOHNEN, J.  
Hygiene „app“ for elastic floorings: renewable antimicrobial peptide systems  
rationell reinigen 3 (2015), 30
- CASPER, P., BOHNEN, J.  
FRT-General Meeting in Versailles  
rationell reinigen 2 (2015), 61
- FRIEDRICH, T., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Single-step determination – Hygienically relevant microorganisms and total germ count on surfaces  
rationell reinigen 1 (2015), 41
- LAUFS, S., HLOCH, H.G.  
Decoating of elastic floorings – Advantages of non-thermal atmospheric pressure plasma  
rationell reinigen 11 (2014), 58
- FRIEDRICH, T., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Hygiene „app“ for elastic floorings: renewable antimicrobial peptide systems  
wfk-news 6 (2014), 5-6
- FRIEDRICH, T., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biochemical synchronous determination of hygienically relevant microorganisms and total germ count on surfaces  
wfk-news 6 (2014), 3-4
- FRIEDRICH, T., KOLBE, S., SPETTMANN, D., BOHNEN, J.  
Biochemical synchronous determination of hygienically relevant microorganisms and total germ count on surfaces  
FRT information 4 (2014), 5-6
- LAUFS, S., HLOCH, H.G.  
Dry de-coating of elastic floorings by use of non-thermal atmospheric pressure plasmas  
wfk-news 5 (2014) 9-10
- HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Low-temperature sterilization of medical devices with supercritical carbon dioxide  
wfk-news 5 (2014), 6-8

- WEHRL, M., HOCHMUTH, T., BOHNEN, J.  
Development of novel bio-resorbable implant materials and of compatible sterilization procedures.  
wfk-news 5 (2014), 5
- HOUBEN, A., JACHLEWSKI, W., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Low-temperature sterilization of medical devices with supercritical carbon dioxide  
FRT information 4 (2014), 7-9
- INFED, N., BOHNEN, J.  
Development of a water-based cleaning process for printing machines  
FRT information 3 (2014)
- HOUBEN, A., RIGBERS, O., SCHLEBUSCH, M., BOHNEN, J.  
Simple and quick: process control of disinfection in commercial dishwashers  
FRT information 3 (2014), 7-8
- FRIEDRICH, T.  
Development of a new method:  
Cleaning and disinfection in low temperature areas  
rationell reinigen 9 (2014), 39
- CASPER, P.  
Ice-cold dirt removal -  
Cleaning of textile floor coverings with carbon dioxide clathrates  
rationell reinigen 8 (2014), 35
- FRIEDRICH, T.  
Soiling and cleaning behavior evaluation -  
Easy-to-clean properties of coil coating surfaces  
rationell reinigen 6 (2014), 44
- RIGBERS, O.  
Hygiene quick test  
Microbial contamination on inhomogeneous wet surfaces  
rationell reinigen 4 (2014), 45
- CASPER, P., BOHNEN, J.  
FRT – an overview  
FRT information 1 (2014), 7
- CASPER, P.  
Reprocessing of cleaning textiles  
FRT information 1 (2014), 6
- SCHLEBUSCH, M.  
Colour indicator for easy process control  
Disinfection in commercial dishwashers  
rationell reinigen 3 (2014), 42

- HURKES, N.  
Breaking up with dirt  
Cleaning of printing machine housings  
rationell reinigen 2 (2014), 40
- FRT  
Improved soil removal:  
Heat-insulating facades with renewable soil release finish  
rationell reinigen 1 (2014), 30
- FRT  
Quick test for cleanliness and hygiene in clean rooms  
rationell reinigen 11 (2013), 36
- FRT  
Right time, right place  
rationell reinigen 10 (2013), 28
- CASPER, P.  
New FRT guideline “Reprocessing of Cleaning Textiles“  
FRT information 3 (2014), 11
- CASPER, P., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Cleaning of industrial parts – Same-same but green  
rationell reinigen 7 (2014), 40
- CASPER, P., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Alternative cleaning of industrial parts in dense phase carbon dioxide  
FRT information 2 (2014), 7
- CASPER, P.  
DIN 77400: Minimum standards for cleaning services in school buildings  
FRT information 2 (2014), 11
- CASPER, P.  
Mineral Floorings: Cleaning with care? – Ask the FRT guideline!  
rationell reinigen 5 (2014), 27
- CASPER, P.  
FRT work group on reprocessing of cleaning textiles – It’s worth the effort  
rationell reinigen 5 (2014), 47
- CASPER, P., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Alternative cleaning of industrial parts in dense phase carbon dioxide  
wfk-news 02 (2014), 9
- CASPER, P.  
Reprocessing of Cleaning Textiles  
FRT information 1 (2014), 6
- CASPER, P., BOHNEN, J.  
FRT - An Overview  
FRT information 1 (2014), 7

- CASPER, P.  
Testing of floor coverings - Standards DIN 51130 and DIN 51131 updated  
FRT information 1 (2014), 10
- FRT  
Elastic floorings  
New Surfaces need new methods and tests  
rationell reinigen 9 (2013), 58
- SIEVERT, S., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
A new blasting method for cleaning of textile floorings with minimal water  
consumption  
FRT information 3 (2013)
- FRT  
Minimum water use  
Novel blast-cleaning method for cleaning textile floor coverings  
rationell reinigen 8 (2013), 37
- FRT  
Cleaning and disinfection in low temperature areas – coatings for cold stor-  
age rooms  
rationell reinigen 7 (2013), 37
- FUCHS, V., WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Microbial contamination on wet surfaces – Sponge pads and high-tech an-  
alytics for rapid control  
rationell reinigen 6 (2013), 50
- CASPER, P.,  
Reprocessing cleaning textiles: worth the effort?  
wfk-news 03 (2013), 3
- FRT  
Use and buy new? Reprocessing of cleaning textiles Technical congress  
„Industrial Cleaning“ in the frame of the 46<sup>th</sup> International Detergency Con-  
ference  
rationell reinigen 6 (2013), 52-54
- FRIEDRICH, T., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Improved soil removal for heat insulating facade materials  
FRT information 2 (2013)
- CASPER, P.  
Reprocessing cleaning textiles: worth the effort?  
wfk-news 3 (2013), 3
- MAGGAKIS-KELEMEN, C.  
Luminiscent floorcare coatings for the rapid determination of coating quality  
wfk-news 3 (2013), 9
- WEHRL, M., BOHNEN, J.  
Quick test for cleaning and disinfection  
wfk-news 3 (2013), 8-10

- SIEVERT, S., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Cleaning and hygiene of textile floor coverings on the basis of CO<sub>2</sub> clathrates  
wfk-news 3 (2013), 10
- FRT  
Impregnated natural stone floorings – only cleaning or also care needed?  
rationell reinigen 5 (2013), 17
- FRT  
46<sup>th</sup> International Detergency Conference – divers presentation programme  
rationell reinigen 5 (2013), 72
- FRT  
Thermal insulation façade materials – easy removal of encrustations  
rationell reinigen 4 (2013), 26
- SPETTMANN, D., EHLIG, B., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Renewable impermeable polymeric coatings for elastic floorings with barrier function against permeative soil components  
Proceedings of the 46<sup>th</sup> International Detergency Conference, 2013, 348-359
- MAGGAKIS-KELEMEN, C., SIEVERT, S., BOHNEN, J.  
Luminescent care coatings with integrated functionalization for rapid determination of coating quality  
Proceedings of the 46<sup>th</sup> International Detergency Conference, 2013, 360-371
- CASPER, P., NEUMANN-SCHMIDT, T., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Cleaning industrial parts on the basis of shock waves and ionic liquids in compressed carbon dioxide  
Proceedings of the 46<sup>th</sup> International Detergency Conference, 2013, 372-385
- SPORENBERG, N., FRIEDRICH, T., SEYFARTH, K., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Cleaning and disinfection in low temperature areas of the food industry  
Proceedings of the 46<sup>th</sup> International Detergency Conference, 2013, 862-871
- HEINTZ, MANUEL  
Hygiene aspects during reprocessing and use of cleaning textiles  
Proceedings of the 46<sup>th</sup> International Detergency Conference, 2013, 932-939
- KOLBE, S., HILGENBERG, B., HOUBEN, A., BOHNEN, J.  
Rapid tests for process control of disinfection  
Proceedings of the 46<sup>th</sup> International Detergency Conference, 2013, 950-964

- 
- SCHULZ, T., CASPER, P., SPORENBERG, N., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Cleaning and hygiene of textile floorings by means of CO<sub>2</sub>-clathrates  
Proceedings of the 46<sup>th</sup> International Detergency Conference, 2013, 966-977
  - FRT  
Disinfection in commercial dishwashers – Easy and quick process control  
rationell reinigen 3 (2013), 49
  - SIEVERT, S., MAGGAKIS-KELEMEN, C., BOHNEN, J.  
Development of luminescent care coatings with integrated functionalization  
for rapid determination of the coating quality  
FRT information 1 (2013)
  - FRT  
New working group – Reprocessing of mops and wiping cloths  
rationell reinigen 3 (2013), 82
  - FRT  
Water-loaded barefoot areas – slip resistance and care  
rationell reinigen 2 (2013), 40
  - FRT  
Elastic floorings – glowing floor means a-ok  
rationell reinigen 1 (2013), 29

### **How to become a Member of FRT**

1. Contact us by e-mail, phone or fax.
2. Wait for the response of the Board of Directors.
3. Pay your annual membership fee of € 990.00.

### **Advantages of a Membership**

- Members determine the topics of FRT-research.
- Members can discuss and solve problems in the area of cleaning, maintenance and hygiene of hard surfaces in working groups.
- Members can obtain answers from experts.
- Members can obtain continuous information about the research projects in progress due to participation in the work and can use these informations directly.
- Members get assistance in transferring research results.
- Members are informed on a regular basis by "FRT information" about progress in research work, new cognitions in other sectors, new international literature, further developments and changes in the legal situation.
- Members are offered assistance in solving technical problems (process technology, environmental aspects), in the application process for public funds, in discussions with the government or local authorities.
- Members improve their prospects for the future by collaborating in the FRT work in the field of standardisation, determination of regulations and contribution to legislation.





B/S/H/



FRT - Europäische Forschungsgemeinschaft  
Reinigungs- und Hygienetechnologie e.V.  
Campus Fichtenhain 11 - 47807 Krefeld, Germany  
Tel: +49 2151 778042, Fax: +49 2151 8210197  
e-mail: [info@frt.de](mailto:info@frt.de), web: [frt.de](http://frt.de)