

Forschungsbericht

2018



Liebe Leserin, lieber Leser,

die OTH Amberg-Weiden forscht vernetzt, erfolgreich und zukunftsorientiert. Antworten auf aktuelle gesellschaftliche und technologische Herausforderungen unserer Zeit – wie Digitalisierung oder Energiewende - werden durch Forschung und Innovation adressiert, in einer Vielfältigkeit an Projekten aufgegriffen und vorangetrieben. Das spiegelt sich auch in den Leitthemen wider, in denen sich die Forschungsprojekte an der OTH Amberg-Weiden einordnen lassen: Produktion und Systeme, Information und Kommunikation, Energie und Mobilität, Lebenswissenschaften und Ethik. Als wichtige disziplinübergreifende Querschnittstechnologien stehen die Sensorik und die Digitalisierung im Zentrum der Forschungsaktivitäten. Erfolgreiche lösungs- und entwicklungsorientierte Forschung baut nicht nur auf umfangreiches Know-How, sondern auch auf die Vernetzung mit regionalen und überregionalen Industriepartnern. Ein Baustein ist der PartnerCircle der OTH Amberg-Weiden als ein Netzwerk mit heute 28 Mitgliedsunternehmen im Wesentlichen aus der Oberpfalz. Diese starke Partnerschaft geht gemeinsam die Herausforderungen der Digitalisierung sowohl in der Forschung als auch in der praxisorientierten Ausbildung aktiv an und nutzt die Chance für eine nachhaltige Stärkung der Region.

Der vorliegende Forschungsbericht der OTH Amberg-Weiden bietet mit seinen insgesamt 32 Beiträgen einen beeindruckenden Einblick in Projekte und Forschungsergebnisse über alle fachlichen Disziplinen und Themenfelder unserer Hochschule hinweg. Einige Meilensteine des vergangenen Forschungsjahres möchten wir gerne herausstellen:

Um wissenschaftlichen Nachwuchs noch besser zu fördern und Promotionen in Zusammenarbeit mit Universitäten zuverlässiger zu gestalten, wurden in 2017 bayernweit BayWISS-Verbundkollegs gegründet. Auf der Basis gemeinsamer Forschungsvorhaben von Universität

und Hochschule für Angewandte Wissenschaften wird der Weg für eine Promotion für beide Hochschulen kollegbasiert und strukturiert. Die OTH Amberg-Weiden ist mit dem Forschungsschwerpunkt Energie zusammen mit der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) und der Technischen Hochschule Nürnberg Trägerhochschule des BayWISS-Verbundkollegs Energie. Auch im Bereich Gesundheit können hervorragende Absolventinnen und Absolventen im Rahmen von Verbundpromotionen zukünftig noch besser unterstützt werden, da die OTH Amberg-Weiden Mitglied im BayWISS Verbundkolleg Gesundheit ist.

Unternehmen fast aller Wirtschaftsbereiche sind durch die fortschreitende Digitalisierung und Technologisierung tiefgreifenden Veränderungen unterworfen, die Anpassungen an sich rasch verändernden Rahmenbedingungen erfordern. Mit neuen grundständigen Bachelorstudiengängen und konsekutiven sowie berufsbegleitenden Masterstudiengängen wie „Medieninformatik“ (B.Eng.), „Industrie 4.0 Informatik“ (B.Eng.), „Digital Business“ (M.Sc.), „Digital Business Management“ (MBA), „Technologiemanagement 4.0“ (MBA), „Angewandte Wirtschaftspsychologie“ (M.A.) und „Steuerrecht und Steuerlehre“ (LL.M.) weitet die OTH Amberg-Weiden ihr breit gefächertes Studienangebot deutlich aus und kann somit die Absolventinnen und Absolventen auf ihr zukünftiges Berufsleben optimal vorbereiten. Die OTH Amberg-Weiden leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Stärkung der Innovationskraft der Unternehmen und zur weiteren positiven Entwicklung der Region.

Mit der Eröffnung des E-Houses auf dem Campus der OTH Amberg-Weiden im November 2017 wurde ein weiterer Meilenstein für die Bündelung und den Ausbau der digitalen Kompetenz in der Region geschaffen. Neben Wirtschaftsunternehmen wird die Hochschule mit ihren Digitalisierungsprojekten einziehen. Aufbauend auf der

umfangreichen Erfahrung der OTH Amberg-Weiden im Bereich E-Commerce und in den damit verbundenen Geschäftsmodellen und Strategien werden – angesiedelt im E-House – in den Forschungsbereichen E-Commerce und Digital Business das Anwenderverhalten speziell im Online-Handel erforscht. Einen Teil des E-House-Konzeptes bildet die Digitale Gründerinitiative Oberpfalz (DGO), die Gründerinnen und Gründer bestmöglich dabei unterstützt erfolgreiche Unternehmen in der Digitalisierung aufzubauen. Auch Teilgebiete der Medizintechnik werden in das E-House einziehen.

Zusammen mit allen Hochschulen für Angewandte Wissenschaften und Universitäten der Oberpfalz und Niederbayerns wird die OTH Amberg-Weiden im Projekt „Transfer und Innovation in Ostbayern (TRIO)“ den forschungsbasierten Wissens- und Technologietransfer in der Region Ostbayern ausbauen und erweitern. Das Ziel des Transferverbundes ist es, mit Partnern der Wirtschaft und Gesellschaft noch mehr Sichtbarkeit der Hochschule in der Region und eine weitere Professionalisierung bereits bestehender Kooperationen zu erreichen. Für diesen flächendeckenden Wissens- und Technologietransfer wurden dem Hochschulverbund vom Bundesministerium für Bildung und Forschung über einen Zeitraum von 5 Jahren ca. 14 Millionen Euro in Aussicht gestellt.

Angewandte Forschung an der OTH Amberg-Weiden bedeutet auch vernetzte, grenzüberschreitende Zusammenarbeit. Die OTH Amberg-Weiden hat bereits ein ausgedehntes Kooperationsnetzwerk, bestehend aus inzwischen 13 Hochschulen und Universitäten in Mitteleuropa. Die Zusammenarbeit umfasst mehrere Forschungsprojekte mit Partnern in Tschechien sowie Studiengänge und Sprachangebote mit Fokus auf Mitteleuropa. Auf diesen umfassenden Grundlagen wird, mit Förderung des Freistaates Bayern, ein OTH-AW Kompetenzzentrum Bayern – Mitteleuropa (MOE) aufgebaut. Unter anderem werden die Sprachangebote ausgebaut, die in der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit von entscheidender Bedeutung sind.

Diese wenigen Beispiele sowie die folgenden Beiträge des Forschungsberichtes zeigen die Vielfalt der Themen in der Forschung an der OTH Amberg-Weiden. Allen gemeinsam ist die kontinuierliche Stärkung der Innovationskraft der Region sowie die Rückkopplung in eine hochaktuelle und den Bedürfnissen unserer Zeit angepasste Ausbildung unserer Studierenden. Unser Dank gilt den Forscherinnen und Forschern und allen Beteiligten für ihr herausragendes Engagement. Wir wünschen eine spannende Lektüre und freuen uns, wenn weitere forschungsbasierte Kooperationen entstehen.



Prof. Dr. Andrea Klug

Präsidentin der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden



Ltd. RD Ludwig von Stern

Kanzler der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden/
1. Vorsitzender des Technologie-Campus an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden e.V.



Prof. Dr.-Ing. Alfred Höß

Vizepräsident der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden/
Wissenschaftlicher Leiter des Instituts für Angewandte Forschung



Prof. Dr.-Ing. Markus Brautsch

Technologietransferbeauftragter der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden

Dear Readers,

At the OTH Amberg-Weiden, research is networked, successful and future-oriented. Answers to current social and technological challenges of our time – as digitalisation or energy transition – are addressed by research and innovation and taken up and promoted by a wide variety of projects. This is also reflected in the main issues classifying the research projects of the OTH Amberg-Weiden: Production and Systems, Information and Communication, Energy and Mobility, Life Sciences and Ethics. Research activities are also focussing the multidisciplinary cross-sectional technologies sensor technology and digitalisation. Successful solution- and development-oriented research not only builds on extensive know-how but also on the networking with regional and supraregional industrial partners. The PartnerCircle of the OTH Amberg-Weiden, a network of today 28 member companies mainly from the Oberpfalz (Upper Palatinate), is an integral part of this cooperation. Together, this strong partnership confronts actively the challenges of digitalisation as well in research as also in practice-oriented education and uses the opportunity to strengthen and sustain the region's economic base.

The present research report of the OTH Amberg-Weiden with its total of 32 contributions provides an impressive insight into projects and research results across all subject areas and topics of our university. In the following, we would like to highlight some milestones of the last research year:

In order to better promote young scientists and make doctoral projects more reliable in terms of cooperation between universities, „BayWISS-Verbundkollegs“ (network of Bavarian universities and universities of Applied Sciences) were founded state-wide in 2017. On the basis of joint research projects of the university and the university of Applied Sciences, the way to a doctoral dissertation will become network-based and structured for both

universities. The OTH Amberg-Weiden with its research focus on Energy is, together with the Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) and the Technische Hochschule Nürnberg (Technical University of Nuremberg), the supporting university of the “BayWISS-Verbundkolleg Energy”. Even in the health sector, better support can be provided for excellent graduates in the context of networked doctoral projects, as the OTH Amberg-Weiden is a member of the “BayWISS-Verbundkolleg” Health.

Owing to the ongoing process of digitalisation and technologisation, companies from almost all economic sectors are undergoing fundamental changes necessitating adaptations to the rapidly changing frameworks. With the introduction of new, basic bachelor courses and consecutive as well as part-time Master courses like “Medieninformatik” (Media Informatics) (B.Eng.), “Industrie 4.0 Informatik” (Industrie 4.0 Informatics) (B.Eng.), “Digital Business” (M.Sc.), „Digital Business Management (MBA), „Technologiemanagement 4.0“ (Technology Management) (MBA), „Angewandte Wirtschaftspsychologie“ (Applied Economic Psychology) (M.A.) and „Steuerrecht und Steuerlehre“ (Fiscal Law and Fiscal Theory) (LL.M.), the OTH Amberg-Weiden significantly enlarges its wide range of course offerings, thus preparing the graduates for an optimal start into their professional career. Thereby, the OTH Amberg-Weiden adds an essential contribution to the strengthening of the companies' innovative capacity and to the continued positive development of the region. Another milestone for the bundling and development of digital literacy in the region was created with the opening of the E-House on the OTH Amberg-Weiden campus in November 2017. Besides commercial enterprises, the university will move in with its digitalisation projects. Building on the extensive experience of the OTH Amberg-Weiden in the field of e-commerce and the related business models and strategies, the user behaviour especially in the field

of online-trading is analysed by the research areas E-Commerce and Digital Business in the E-House. A part of the E-House concept is formed by the „Digitale Gründerinitiative Oberpfalz (Digital Start-up Initiative Upper Palatinate)“, which supports new entrepreneurs in the best possible way to build up successful companies focussing digitalisation. Partial areas of Medical Technology will also move into the E-House.

With the project „Transfer und Innovation in Ostbayern (TRIO)“ (Transfer and Innovation in Eastern Bavaria), the OTH Amberg-Weiden will, together with all universities for Applied Sciences and universities of the Upper Palatinate and Lower Bavaria, upgrade and expand the research-based transfer of knowledge and technologies in the region of Eastern Bavaria. Along with partners from the socio economic sector, the transfer association aims at increasing the university’s visibility in the region and at a further professionalization of already existing cooperations. In order to implement this comprehensive transfer of knowledge and technologies, the Federal Ministry of Education and Research raised the prospect of approx. 14 million Euros over a 5-year period for the university network.

Applied research at the OTH Amberg-Weiden also means a networked, cross-border cooperation. The OTH Amberg-Weiden already maintains an extensive partner network of by now 13 colleges and universities in Central Eastern Europe. The cooperation comprises several research projects with partners in the Czech Republic as well as degree courses and language course offerings focussing Central Eastern Europe. Building on these broad foundations and with the support of the Free State of Bavaria, an „OTH-AW Kompetenzzentrum Bayern – Mittelosteuropa (MOE)“ (OTH-AW Competence Center Bavaria – Central Eastern Europe) is being established. Amongst others, the language course offerings, which are of vital importance for a cross-border cooperation, will be extended. These few examples as well as the following contributions of the research report show the variety of issues in research at the OTH Amberg-Weiden. All of them contribute to the ongoing strengthening of the region’s innovative capacity and feed back into an up-to-date education of our students, which is adapted to the needs of our time. We would like to express our thanks to the researchers and all those involved for their outstanding commitment. We wish you a stimulating read and would be glad to establish further research-based cooperations.



Prof. Dr. Andrea Klug

President of the Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden



Ltd. RD Ludwig von Stern

Chancellor of the Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden/
Chairman of the Technologie-Campus an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden e.V.



Prof. Dr.-Ing. Alfred Höß

Vice-President of the Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden/
Scientific Director of the Institut für Angewandte Forschung



Prof. Dr.-Ing. Markus Brautsch

Commissioner for Technology Transfer at the Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden

Vorwort	3	Energie und Mobilität	
Digitalisierung		Optimierte Monitoring-, Betriebs- und Regelstrategien für Blockheizkraftwerke	38
ISAC@OTH-AW – Industrie 4.0 für den Mittelstand	10	Raphael Lechner, M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Nicholas O’Connell Dipl.-Ing. (FH) Thorsten Meierhofer Prof. Dr.-Ing. Markus Brautsch	
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Blöchl Prof. Dr. Dieter Meiller Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Schmidt Prof. Dr.-Ing. Matthias Wenk Dipl.-BW (FH) Natalia Batcheller Benedikt Bräutigam, M.Eng. Bernd Gerlang, M.Eng. Christoph Haller, M.Eng. Florian Schöler-Niewiera, M.Eng.		Vermessung und Strömungssimulation von Kleinwindenergieanlagen	43
Bedrohungen durch scheduling-basierende Angriffsszenarien im Automotive-Bereich	15	Prof. Dr.-Ing. Stefan Beer Daniel Hummel, M.Sc. Peter Stüber, B.Eng.	
Tobias Nickl Benjamin Weigl Prof. Dr. Andreas Aßmuth		Experimental Investigation of the Characteristics of a Radial Cantilever Turbine for Small Scale ORC Plants	48
Using Interactive Visualizations to analyze influences of climate on industrial production	23	Prof. Dr. Andreas P. Weiß Jonas Müller Tobias Popp, M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Josef Hauer Dr.-Ing. Markus Preißinger Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Brüggemann	
Prof. Dr. Dieter Meiller		Experimental Investigation of Dual-Fuel Operation with Biomethane and various Pilot Fuels using different Compression Ratios	54
Reproduktion und Minimierung von Metallartefakten in der digitalen Volumetomographie	27	Prof. Dr.-Ing. Markus Brautsch Raphael Lechner, M.Sc. Andreas Röhl, M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Nicholas O’Connell	
Andrea Fleischer, B.Eng. Manuel Stich, M.Sc. Anne Slawig, M.Sc. Prof. Dr. Dr. Tim Krafft Prof. Dr. Ralf Ringler		Development of a tool for passive monitoring a vehicle-to-server communication	62
Virtuelle Produktentwicklung für Drug Delivery Devices und Primärverpackungen	34	Philipp Heß, B.Eng. Josef Schmid, M.Sc. Prof. Dr.-Ing. Alfred Höß	
Prof. Dr. Franz Magerl Dominik Süß, B.Eng.			

Routenplanung für Elektrofahrzeuge.....	67	Personalwesen in der Region – Quo vadis?.....	114
Stefan Stiegler, B.Eng.		Ibrahim Kaçmaz, M.A. HRM	
Sebastian Wieland, B.Eng.		Dr. Gabriele Murry, MBA (USA), MHR (USA)	
Heike Lepke, M.Eng.		Prof. Dr. Bernt Mayer	
Prof. Dr.-Ing. Alfred Höß			
Information und Kommunikation			
Einsatzmöglichkeiten von Internet of Things Kommunikationstechnologien in der kontaktlosen Energie- und Datenübertragung	75	Der Verbleib von MINT-Studierenden in den ersten vier Hochschulse mestern – Eine Studienverlaufsanalyse (SVA) in ausgewählten MINT-Studiengängen an den Ostbayerischen Technischen Hochschulen (OTH) Amberg-Weiden und Regensburg	119
Andreas Fuchs, M.Eng.		Dipl.-Sozialwirt (Univ.) Bernd Rager	
Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Schmidt			
Cand. Ing. Tobias Andersch			
Cand. Ing. Martin Biehler			
Testautomatisierung für PROFINET-Geräte durch modernes Testkonzept	79	Was kostet die Bargeldabschaffung?	126
Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Schmidt		Prof. Dr. Gerhard Rösler	
Alexander Gercikow, M.Eng.		Prof. Dr. Franz Seitz	
Julian Rost, M. Sc.		Karl-Heinz Tödter	
Lebenswissenschaften und Ethik			
Hygiene und Medizintechnik – Entwicklung technischer Lösungen zur Reduzierung behandlungsassoziierter Infektionen.....	83	Entwicklung eines Modells zur Nachhaltigkeitsberechnung	131
Dr. rer. nat. Sebastian Buhl		Prof. Dr. Bernhard Bleyer	
Sebastian Käs, M.Sc.		Heike Vogel-Pöschl, M.Sc.	
Alexander Stich, M.Sc.			
Christopher Fleischmann, M.Sc.			
Sabrina Reiml, M.Sc.			
Sabine Gruber, B.Eng.			
Prof. Dr. med. Clemens Bulitta			
Entwicklung einer Vorrichtung zur automatisierten Blutprobenentnahme für den akkurateren Einsatz personalisierter Medizin	90	Produktion und Systeme	
Marius Kaspers, B.Eng.		 	
Prof. Dr.-Ing. Tim Jüntgen		Hybride Fertigung komplexer Kunststoffteile – Kombination aus „3D-Druck“ und Zerspanung	
Different modulation of the descending control during pain itch	95	Christoph Haller, M.Eng.	
Prof. Dr. Ralf Ringle		Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Blöchl	
Prof. Dr. Clemens Forster		 	
Der Einfluss unterschiedlicher Audiogestaltung bei gleichem Bewegtbild	99	Laser structuring of plastics mould-steels	
Prof. Dipl.-Ing. Maximilian Kock		Dominik Will, B.Eng.	
ISEK als neuer Weg der kommunalen Entwicklungsplanung – Handlungskonzepte für Kommunen.....	105	Prof. Dr.-Ing. Tim Jüntgen	
Prof. Dr. Reiner Anselstetter		 	
Dr. Wolfgang Weber		Alterssimulation im industriellen Umfeld	
Sensorik			
		Magnetic Diagnostic for Low Voltage Switchgear	
		Christian Reil, M.Eng.	
		Matthias Meier, B.Eng.	
		Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Schmidt	
		Prototypenentwicklung eines ph-Sensors auf Basis protonenleitender Metalloxide.....	
		Helmut Hartmann, M.Eng.	
		Sebastian Chalupczok, M.Eng.	
		Prof. Dr. Peter Kurzweil	

**Migration lebensmittelschädlicher Stoffe aus
Kartonverpackungen und Dosen:
Angewandte Infrarot- und Massenspektrometrie167**
Prof. Dr. Peter Kurzweil
Dominik Strobel, B.Eng.
Bastian Stierstorfer, B.Eng.

**Flüchtige organische Schadstoffe im Shisha-Rauch:
eine umweltanalytisch-toxikologische Studie171**
Prof. Dr. Peter Kurzweil
Christoph Pöhlmann, B.Eng.
Leonhard Waldmüller, B.Eng.

**Untersuchung elektrochemischer Vorgänge
mithilfe einer Quarzmikrowaage175**
Dipl.-Phys. Christian Schell
Prof. Dr. Peter Kurzweil

**Einfluss multipler Läsionen bei der Detektion
von Sentinel-Lymphknoten.....179**
Prof. Dr. Ralf Ringler
Katharina Gmey, B.Eng.
Manuel Stich, M.Sc.

Studienangebot der OTH Amberg-Weiden 184

Inserentenverzeichnis 185

Impressum 186

Dr. rer. nat. Sebastian Buhl
Sebastian Käs, M. Sc.
Alexander Stich, M. Sc.
Christopher Fleischmann, M. Sc.
Sabrina Reiml, M. Sc.
Sabine Gruber, B. Eng.
Prof. Dr. med. Clemens Bulitta

Hygiene und Medizintechnik – Entwicklung technischer Lösungen zur Reduzierung behandlungsassoziierter Infektionen

Zusammenfassung

Die Verbesserung der Hygiene und Desinfektionsmaßnahmen in Kliniken und Arztpraxen hat große Bedeutung für die Patientensicherheit. Das Bundesministerium für Gesundheit hat 2017 einen 10-Punkte-Plan verabschiedet um die steigende Zahl der behandlungsassozierten Infektionen zu senken. Auch hier wird ein starker Fokus auf die Verbesserung hygienischer Maßnahmen in den Kliniken gelegt. Die ersten drei Punkte der Veröffentlichung befassen sich ausschließlich mit Strategien zur Verbesserung von Reinigungs- und Desinfektionsabläufen, um die Zahl der bis zu 600.000 behandlungsassozierten Infektionen pro Jahr zu senken [1].

Ansätze zur Verbesserung der hygienischen Situation in Krankenhäusern und Arztpraxen sind vielfältig. Abseits der klassischen Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen stellen die Raumluftechnischen Anlagen (RLT) im Operationssaal einen wichtigen Pfeiler zur Vermeidung von Infektionen dar. Diese Anlagen verhindern die Kontamination des Patienten durch luftgetragene Erreger und unterscheiden sich bezüglich ihrer technischen Besonderheiten und Effektivität teilweise sehr stark. Einen weiteren Faktor für die Patientensicherheit bietet die Beschichtung medizintechnischer Produkte mit antimikrobiellen Oberflächen. Auch hier gibt es eine große Zahl unterschiedlicher Technologien und Anwendungsmöglichkeiten. Bei der Durchführung von klassischen Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen können diese Beschichtungen durch ihre keimreduzierende Wirkung einen zusätzlichen Faktor für die Vermeidung behandlungsassoziierter Infektionen darstellen.

Aus diesem Grund beschäftigt sich die Arbeitsgruppe Hygiene und Medizintechnik der Ostbayerischen Technischen Hochschule (OTH) Amberg-Weiden mit Lösungsansätzen zur Verbesserung der derzeitigen Hygienestandards. Mit einer Vielzahl an nationalen und internationalen Kooperationspartnern werden neuartige und innovative Techniken und Konzepte erarbeitet und getestet.

Abstract

Improving infection control and disinfection is of great importance with regard to patient safety. The Federal Ministry of Health has adopted an action plan in 2017 to reduce the increasing number of treatment-related infections. A strong focus is set on the improvement of hygienic measures in the clinics in this release. The first three aspects of the publication deal exclusively with strategies for the improvement of cleaning and disinfection procedures in order to reduce the number of up to 600,000 treatment-related infections per year [1].

Approaches for improving the hygienic situation in hospitals and outpatient clinics are numerous. Apart from the classical cleaning and disinfecting measures, the ventilation system (RLT) in the operating room is an important pillar for the prevention of infections. These systems prevent the contamination of the patient by airborne pathogens and the systems differ in terms of their technical characteristics and effectiveness. A further factor for patient safety is the coating of medical devices with antimicrobially active substances. Again, there are a large number of different technologies and applications available. While performing classical cleaning and disinfecting measures is indispensable, these coatings can be an additional factor for the prevention of treatment-associated infections due to their biocidal effect. Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) Amberg-Weiden Working Group on Hygiene and Medical Technology is working on solutions to improve current hygiene standards. With several national and international cooperation partners new and innovative techniques and concepts are developed and tested.

Einleitung

Steigende Infektionsraten stellen weltweit ein großes Problem im Gesundheitssektor dar. Das europäische Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) schätzt, dass pro Jahr ca. 4 Millionen Menschen eine behandlungsassoziierte Infektion erleiden mit ca. 37.000 Todesfällen [2]. In diesem Kontext sind auch die postoperativen Wundinfektionen zu sehen. Um intraoperative bakterielle Verunreinigungen und auch die Folgebehandlungskosten zu reduzieren, hat sich der Einsatz von Lüftungssystemen im OP zu einem hygienischen Standard entwickelt. Mittlerweile ist eine große Zahl unterschiedlicher Firmen und Technologien auf dem Markt erhältlich. Die russische Firma Potok hat ein innovatives Konzept zur Luftdekontamination entwickelt, das flexibel in unterschiedlichen Bereichen eingesetzt werden kann. Zusammen mit der OTH Amberg-Weiden wurde das Potenzial dieser Lüftungsanlage untersucht und mit anderen gängigen Technologien verglichen.

Die Infektionsgefahr, die von kontaminierten Oberflächen in klinischen Einrichtungen wie Arztpraxen oder Kliniken ausgeht, wurde bereits in einer Vielzahl von Veröffentlichungen beschrieben. Einen kritischen Aspekt stellt hier die Verunreinigung mit nosokomialen Erregern dar [3–7]. Während die Fälle des Methicillin-resistenten Staphylokokkus aureus (MRSA) in den letzten Jahren wieder rückläufig sind [8], stellen die multiresistenten gramnegativen Stäbchenbakterien (MRGN) eine immer größer werdende Gefahr für die Patienten dar. Die Infektionen mit multiresistenten Erregern erhöhen den Aufwand und die Kosten für die klinische Einrichtung und verschlechtern die Prognose für den Patienten stark [9]. Um dem entgegenzuwirken, werden bereits in einigen Kliniken Anstrengungen unternommen, die Reinigungs- und Desinfektionsprotokolle (R&D) für Risikobereiche (ICU, OP) kontinuierlich zu überarbeiten und zu verbessern [10–11]. Ergänzend zur obligatorischen R&D im medizinischen Bereich kommen zunehmend antimikrobielle Oberflächen zum Einsatz. In einer ersten Untersuchung wurde nun der Effekt einer antimikrobiellen Beschichtung (TiTANO®, HECOSOL) auf die Keimbelastung von Oberflächen in einer orthopädischen Arztpraxis geprüft und bewertet.

Untersuchungen zur Effektivität des Potok-Systems zur Luftdekontamination

Studien der Universität Gießen-Friedberg konnten bereits zeigen, dass diese intraoperativen Infektionen mittels geeigneter Lüftungssysteme erheblich gesenkt werden können [12]. Die DIN 1946/4 (2008) verlangt für einen Operationssaal der Klasse Ia, der für infektionsempfindliche Operationen eingesetzt wird, eine turbulenzarme Verdrängungsströmung (TAV) [13]. Im Gegensatz zu diesem Standardsystem wurde von der schwedischen Firma Avidicare AB [14] ein temperaturgesteuertes Luftstrom-Lüftungssystem (Opragon) entwickelt, das im Lehr- und Forschungs-OP der OTH Amberg-Weiden verbaut ist.

Als weitere Alternative zu den gängigen Lüftungssystemen hat nun die russische Firma Potok ein neuartiges System zur Bioinaktivierung entwickelt [15].

Die Firma entwirft und produziert Luftdekontaminationsgeräte verschiedener Typen, basierend auf der Inaktivierungstechnologie. Diese können als Stand-alone-Geräte und als fest im Lüftungssystem verbaute Einheiten genutzt werden. Ziel dieser Arbeit war es, das Dekontaminierungspotenzial der Potok-Technologie sowohl in einem experimentellen Rahmen als auch im klinischen Umfeld zu untersuchen. Dies geschah im Forschungs-OP der OTH Amberg-Weiden mit eigenständigen Luftdekontaminationseinheiten (Potok 150-M-01) und in einem Operationssaal eines Moskauer Krankenhauses, in dem das laminare Lüftungssystem auf der Potok-Technologie basiert.

Die Messungen wurden während einer einstündigen Operationssimulation nach dem schwedischen Standard SIS-TS 39:2015 durchgeführt (6 Messungen von jeweils 10 Minuten), bei der sieben Personen mitwirkten. Um einen möglichst realitätsnahen Prozess zu simulieren, repräsentieren hierbei vier Personen das chirurgische Team direkt am Operationstisch, eine Person fungiert als Anästhesist und zwei weitere Personen bewegen sich während der OP-Simulation durch den Raum (Abbildung 1).

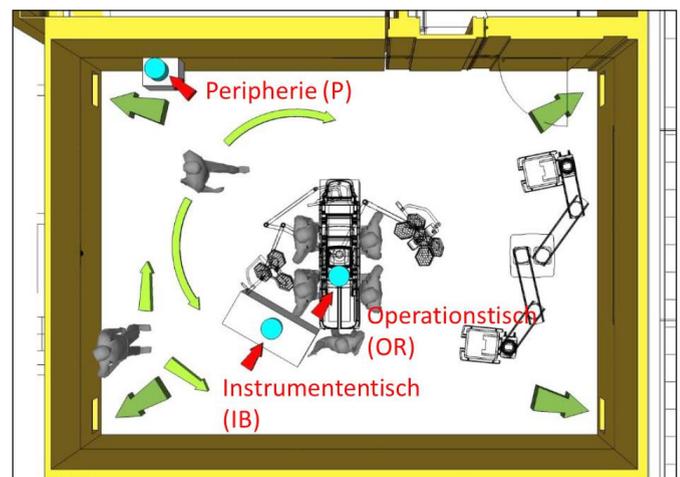


Abbildung 1: Ablauf einer Operationssimulation nach SIS-TS 39:2015 mit eingezeichneten Probenahmestellen der Luftkeimmessung

Unsere Experimente zeigten einen nachweisbaren Einfluss der Potok Air Dekontamination Units (ADU) auf die bakterielle Kontamination der Raumluft. Für die Messungen im Forschungs-OP an der OTH Amberg-Weiden konnte dies durch eine Abnahme der Bakterienbelastung an allen drei Messpunkten gezeigt werden. Es ist zu erwähnen, dass die Bakterienbelastung am OP-Tisch und dem Instrumententisch unter dem Schwellenwert des schwedischen Standards für infektionsgefährdete Eingriffe von ≤ 5 KBE/m³ liegt (Abbildung 2).

Auch die anschließend in einem Moskauer Krankenhaus durchgeführten Messungen bestätigten diese Raumluft-

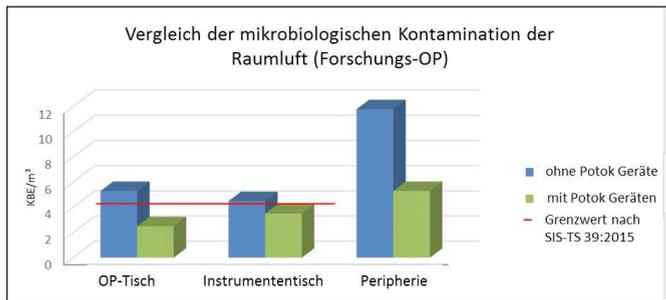


Abbildung 2: Vergleich der mikrobiologischen Kontamination der Raumluft im Forschungs-OP

dekontaminierende Wirkung der Potok-Technologie. Wegen der realistischeren Voraussetzungen des Experiments erscheinen die Ergebnisse dieser Messungen valider. In diesem Fall war der anfängliche bakterielle Hintergrund des Operationssaals höher als im Forschungs-OP in Deutschland. Diese mikrobielle Belastung konnte durch die Verwendung des installierten, auf Potok-Technologie basierenden TAV-Lüftungssystems effektiv verringert werden (Abbildung 3).

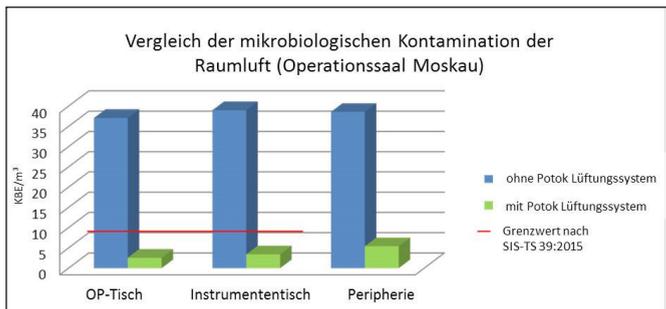


Abbildung 3: Vergleich der mikrobiologischen Kontamination der Raumluft im Operationssaal der Klinik in Moskau

Die Potok-Technologie ist zu vergleichen mit bereits bestehenden Lüftungsanlagen (z. B. temperaturgesteuertes Lüftungssystem (TAF), turbulenzarme Verdrängungsströmung (TAV) oder turbulente Mischlüftung (TML)) mit ähnlichen technischen Voraussetzungen. Die von uns bereits im Vorfeld dieser Arbeit untersuchten Operationssäle (TAF/TML/TAV) wurden nach DIN 1946 4: 2008-12 zertifiziert. Sie sind als Ia und Ib eingestuft und haben einen Gesamtluftwechsel von 4.120 m³/h (TML) und 9.200 m³/h (TAV). Der Operationssaal an der OTH Amberg-Weiden (TAF) hat eine Luftwechselrate von 7.700 m³/h. Alle Operationssäle sind vergleichbar in Bezug auf Raumgröße und Einrichtung. Im Vergleich ist die Potok-Technologie in der Lage, bei identischem Versuchsaufbau eine ähnliche Wirksamkeit wie TAV- und TAF-Systeme zu erreichen [16, 17] (Abbildung 4).

Untersuchung der Wirksamkeit antimikrobieller Oberflächen in der Infektionsprävention

Laut der Empfehlung „Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten“ von KRINKO und BfArM liegt die Verantwortung für die Aufbereitung, die Festlegung von Art und Durchführung der Aufbereitung

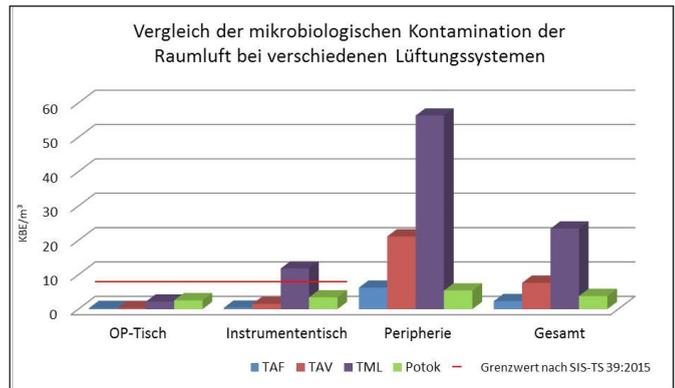


Abbildung 4: Vergleich der mikrobiologischen Belastung in KBE/m³ für gängige Ventilationssysteme

sowie die korrekte Einstufung in unkritisch, semikritisch A/B und kritisch beim Betreiber [18]. Die Situation in den Praxen niedergelassener Ärzte war jedoch bislang nicht im Fokus entsprechender Untersuchungen. Dennoch besteht auch hier die Gefahr einer nosokomialen Infektion, vor allem im Bereich der invasiven medizinischen Versorgung, beispielsweise in orthopädischen Einrichtungen. Mittlerweile hat sich eine Vielzahl an antimikrobiellen Oberflächen etabliert. Die bekanntesten Vertreter sind hier die Silberbeschichtungen. Die antimikrobielle Wirkungsweise wird darauf zurückgeführt, dass lebenswichtige Funktionen von Mikroorganismen durch die Metallionen gestört werden. Die Firma HECOSOL (Bamberg) setzt bei ihrer Oberflächentechnologie TiTANO® auf die Kombination aus wasserlöslichem Titandioxid (<2 Prozent TiO₂), versetzt mit Spuren von Silberionen (<0,03 Prozent). Durch derartige Beschichtungen sollen Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen unterstützt und eine Vermehrung von Keimen auf den Oberflächen zwischen den Reinigungsintervallen dauerhaft verhindert werden. Das bei den Experimenten verwendete TiTANO® der Firma HECOSOL wird mittels eines Elektrosprayverfahrens auf die Oberflächen appliziert. Hierbei lassen sich wässrige Suspensionen von Metalloxiden schnell und zuverlässig auftragen. Im Gegensatz zu anderen Beschichtungen erlaubt dieses Verfahren eine nachträgliche Beschichtung bereits bestehender Objekte. Es findet eine Ladungsübertragung im Sprühkopf des Gerätes statt, die zu einer gleichmäßigen Größe und Verteilung der Tröpfchen im Luftstrom führt (Abbildung 5).

Die Effektivität der derzeitigen R&D-Protokolle der Arztpraxis wurde anhand mikrobiologischer Standardverfahren untersucht. Dafür wurden an jeweils identischen Stellen („high-touch“-Oberflächen, Wartebereiche, Behandlungsbereiche, Bedienelemente u. Ä.) Abklatsch- und Abstrichproben vor Arbeitsbeginn und nach Praxisende sowie nach der täglichen Reinigungsroutine genommen und diese für 72 Stunden bei 35 °C ± 1 °C inkubiert. Das Keimwachstum wurde anschließend dokumentiert und quantitativ ausgewertet. Zusätzlich wurden gramnegative Keime durch Selektionsmedien (McConkey II Agar) ausdifferenziert. Um eine genaue Identifikation der Erreger sowie das pathogene Potenzial erfassen

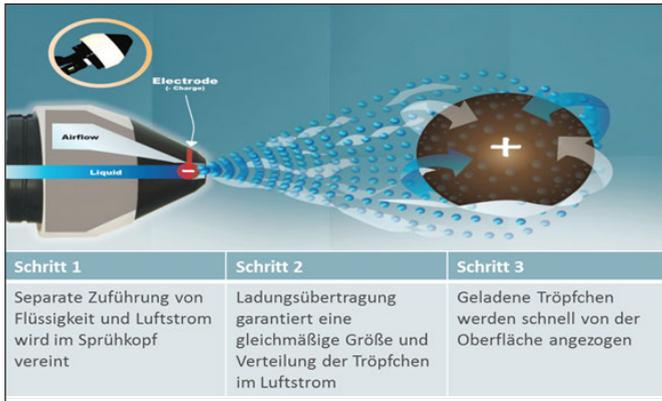


Abbildung 5: Beschichtung mittels Elektro sprayverfahren (schematische Darstellung des Verfahrens)

zu können, wurden für diese gramnegativen Bakterien mittels Vitek2-System (Biomerieux) eine Identifizierung und Resistenzbestimmung durchgeführt. Die Keimzahlen werden analog Kategorie 3 nach den Vorgaben der Firma HYBETA ausgewertet. Diese orientieren sich an der DIN 10113-3 [19]. Die Überprüfung der mikrobiologischen Kontamination vor Praxisbeginn (06:30 Uhr) ergab große Schwankungen bei der Keimbelastung der getesteten Oberflächen. So zeigen z. B. die Patientenliege und die sanitären Einrichtungen im gesamten Wochenverlauf eine niedrige (< 30 KBE) mikrobiologische Kontamination, wogegen beispielsweise am Ultraschallgerät bereits zu Tagesbeginn hohe Keimzahlen festgestellt werden konnten (> 100 KBE/25 cm²). Ebenso weisen die Computertastaturen sowie die Schreibtische und der Anmeldetresen (Anmeldung) eine hohe bakterielle Belastung auf. Die erhaltenen Resultate wurden als „Woche 1 (morgens)“ aufgenommen (Abbildung 6).

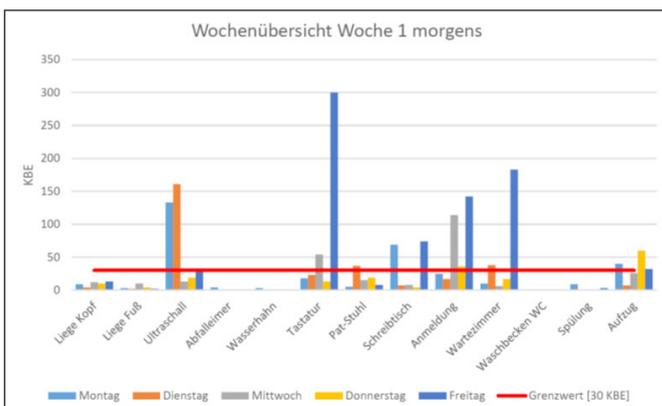


Abbildung 6: Keimbelastung an den beprobten Stellen im Wochenverlauf (Woche 1 morgens)

Im Anschluss an die erste Beprobungswoche wurden an einem Samstagnachmittag alle relevanten Oberflächen der Praxis mit der TiTANO® TiO₂-Beschichtung via Elektro sprayverfahren behandelt. Um eine mögliche Veränderung des R&D-Verhaltens auszuschließen, wurden weder Reinigungs- noch Praxispersonal einbezogen. Analog zu der ersten Beprobungswoche wurden die Probenahme zu

identischen Zeiten wiederholt und die Ergebnisse ausgewertet. Diese Ergebnisse wurden als „Woche 2 morgens“ aufgenommen (Abbildung 7).

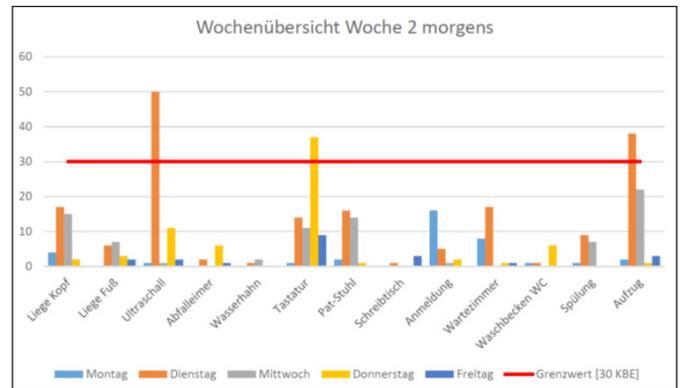


Abbildung 7: Keimbelastung an den beprobten Stellen im Wochenverlauf (Woche 2 morgens)

Es fällt auf, dass in der zweiten Beprobungswoche nur noch drei der Werte über dem angenommenen Grenzwert von 30 KBE liegen, während die anderen Untersuchungspunkte allesamt weniger als 20 KBE aufweisen. Für den Nachweis des keimreduzierenden Effektes der Beschichtung wurden die Tageswerte über drei Beprobungszeiten gemittelt und grafisch gegenübergestellt. Um den Einfluss durch die bereits angesprochene zusätzliche Kontamination bei der Reinigung zu minimieren, wurden die Mittelwerte aus den morgens und abends gewonnenen Werten berechnet (Abbildung 8).

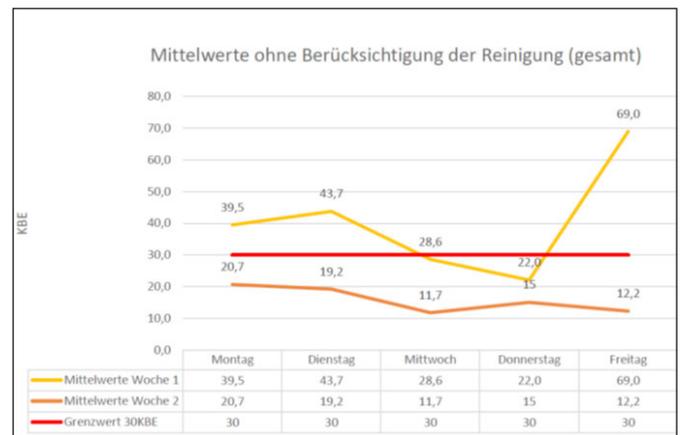


Abbildung 8: Gegenüberstellung der Tagesmittelwerte und Abnahme der Keimzahlen im Vergleich zu Woche 1

Fazit

Unsere Ergebnisse zeigen eine nachweisliche Wirkung der Potok-Einheiten auf die bakterielle Belastung der Raumluft. In dem experimentellen Setting im Forschungs-OP an der OTH Amberg-Weiden war dieser Effekt aufgrund der minimalen anfänglichen mikrobiologischen Kontamination des Raumes und wegen der Verwendung von mobilen Einheiten eher gering. Allerdings konnte auch hier für jeden Messpunkt eine Abnahme der mikrobiologischen Belastung beobachtet werden. Diese dekontaminierende Wirkung der Potok-Technologie wurde durch die Ergebnis-

se der Messungen in der realen Umgebung des Operationssaals eines russischen Krankenhauses bestätigt. Hier erfolgte durch das Lüftungssystem mit Potok-Einheiten eine starke Abnahme der luftgetragenen Mikroorganismen. Im Mittel konnte die mikrobiologische Belastung für jeden Messpunkt auf ≤ 5 KBE/m³ reduziert werden. Basierend auf unseren Erkenntnissen mit der Potok-Technologie sollte diskutiert werden, ob die Technologie als eine Alternative zu anderen derzeit verwendeten Lüftungssystemen zu betrachten ist und ob sie eine weitere mögliche Lösung für die Infektionsprävention bei luftgetragenen mikrobiologischen Belastungen in Operationsälen darstellt.

Die Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen der untersuchten Praxis wurden im gesamten Versuchszeitraum nicht geändert. Daher kann angenommen werden, dass der Einsatz einer antimikrobiellen Beschichtung in der

von uns durchgeführten Studie zu einer nachweisbaren Verringerung der Keimzahlen auf den beprobten Oberflächen führte. Jedoch ist zu beachten, dass diese dekontaminierende Wirkung nur im Zusammenspiel mit weiteren Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen zu betrachten ist. Ebenso kann aufgrund des kurzen Zeitfensters der Probenahme nicht ausgeschlossen werden, dass es in der zweiten Woche prinzipiell zu einer geringeren Kontamination der Oberflächen kam. Um dies auszuschließen, sollten weitere und längere Studien durchgeführt werden, um verlässlichere und statistisch auswertbare Daten zu erhalten. Die antimikrobielle Beschichtung von patientennahen und medizintechnischen Oberflächen bietet auf Grundlage dieser Ergebnisse das Potenzial, eine zusätzliche Sicherheit für Patient und Personal zu erreichen. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um systematisch zu bewerten, wie groß dieses Potenzial in der Praxis einzuschätzen ist.

Referenzen:

- [1] <http://www.bundesgesundheitsministerium.de/themen/krankenversicherung/stationaere-versorgung/krankenhaushygiene.html>
- [2] Suetens, C.; Hopkins, S.; Kolman, J.; Högberg, D. Point prevalence survey of healthcare-associated infections and antimicrobial use in European acute care hospitals 2011–2012; European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC): Stockholm, Sweden, 2013.
- [3] Bundesgesundheitsbl. 2014 · 57:696–732 DOI 10.1007/s00103-014-1980-x.
- [4] Bericht des Nationalen Referenzzentrums (NRZ) für gramnegative Krankenhauserreger, Epidemiologisches Bulletin Nr. 25, DOI 10.17886/EpiBull-2016-041.
- [5] Bures S, Fishbain JT, Uyehara CF, Parker JM, Berg BW. Computer keyboards and faucet handles as reservoirs of nosocomial pathogens in the intensive care unit. *Am J Infect Control* 2000; 28:465–471. [PubMed: 11114617]
- [6] Noskin GA, Bednarz P, Suriano T, Reiner S, Peterson LR. Persistent contamination of fabric-covered furniture by vancomycin-resistant enterococci: implications for upholstery selection in hospitals. *Am J Infect Control* 2000;28:311–313. [PubMed: 10926709]
- [7] Zachary KC, Bayne PS, Morrison VJ, Ford DS, Silver LC, Hooper DC. Contamination of gowns, gloves, and stethoscopes with vancomycin-resistant enterococci. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2001; 22:560–564. [PubMed: 11732785]
- [8] http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Archiv/2015/Ausgaben/31_15.pdf?__blob=publicationFile
- [9] Cosgrove SE, Qi Y, Kaye KS, Harbarth S, Karchmer AW, Carmeli Y. The impact of methicillin resistance in *Staphylococcus aureus* bacteremia on patient outcomes: mortality, length of stay, and hospital charges. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2005;26:166–174. [PubMed: 15756888]
- [10] Byers KE, Durbin LJ, Simonton BM, Anglim AM, Adal KA, Farr BM. Disinfection of hospital rooms contaminated with vancomycin-resistant *Enterococcus faecium*. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1998; 19:261–264. [PubMed: 9605276]
- [11] Goodman ER, Platt R, Bass R, Onderdonk AB, Yokoe DS, Huang SS. Impact of an environmental cleaning intervention on the presence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and vancomycin-resistant enterococci on surfaces in intensive care unit rooms. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2008 Jul; 29(7):593–9. doi: 10.1086/588566
- [12] Hirsch T. et al.; Bacterial burden in the operating room: Impact of airflow systems, *American journal of infection control* (2012) e1-e5.
- [13] DIN 1946 Dezember 2008: Raumluftechnik – Teil 4: Raumluftechnische Anlagen in Gebäuden und Räumen des Gesundheitswesens. 2008
- [14] www.avidicare.de
- [15] <http://en.potok-inter.ru/about-potok1.html>
- [16] Comparison of the effectiveness of different antimicrobial surfaces technologies, S. Buhl, C. Bulitta (Weiden), Jahrestagung der BIOMEDIZINISCHEN TECHNIK und Dreiländertagung der MEDIZINISCHEN PHYSIK 2017 (Dresden).
- [17] „Erste Ergebnisse und Erfahrungen mit einem neuartigen OP-Lüftungssystem auf Basis einer temperaturkontrollierten Luftströmung“, Journal title: Krankenhaus-Hygiene + Infektionsverhütung, Corresponding author: Dr. Clemens Bulitta, First author: Dr. S. Buhl, Available online 6 January 2016.
- [18] Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten – Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut (RKI) und des Bundesinstitutes für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM). In: Bundesgesundheitsbl. 2012 Nr. 55, S. 1244–1310.
- [19] HYBETA GmbH (Hrsg.): Infoblatt: Beurteilung von Umgebungsuntersuchungen. http://www.hybeta.com/_data/IB-LAB-018_C_Beurteilung_Umgebungsuntersuchungen.pdf

Kontakt:



Dr. rer. nat. Sebastian Buhl

Ostbayerische Technische
Hochschule (OTH) Amberg-Weiden
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen
Hetzenrichter Weg 15
92637 Weiden

se.buhl@oth-aw.de



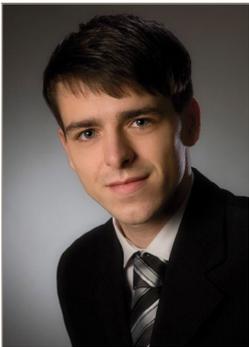
Sebastian Käs, M. Sc.

Ostbayerische Technische
Hochschule (OTH) Amberg-Weiden
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen
Hetzenrichter Weg 15
92637 Weiden



Alexander Stich, M. Sc.

Ostbayerische Technische
Hochschule (OTH) Amberg-Weiden
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen
Hetzenrichter Weg 15
92637 Weiden



Christopher Fleischmann, M. Sc.

Ostbayerische Technische
Hochschule (OTH) Amberg-Weiden
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen
Hetzenrichter Weg 15
92637 Weiden



Sabrina Reiml, M. Sc.

Ostbayerische Technische
Hochschule (OTH) Amberg-Weiden
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen
Hetzenrichter Weg 15
92637 Weiden



Sabine Gruber, B. Eng.

Ostbayerische Technische
Hochschule (OTH) Amberg-Weiden
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen
Hetzenrichter Weg 15
92637 Weiden



Prof. Dr. med. Clemens Bulitta

Ostbayerische Technische
Hochschule (OTH) Amberg-Weiden
Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen
Dekan
Leitung Institut für Medizintechnik (IfMZ),
Studiengangsleiter und Studienfach-
berater im Studiengang Medizintechnik
Hetzenrichter Weg 15
92637 Weiden

c.bulitta@oth-aw.de