

Aus dem Institut für Hygiene und Mikrobiologie  
der Universität Würzburg  
Vorstand: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Die Kontamination von Flächen mit MRSA in Krankentransport-  
und Rettungswagen bei Kurzzeittransporten von MRSA-Patienten

Inauguraldissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde  
der medizinischen Fakultät  
der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
vorgelegt von  
Sebastian Johannes Eibicht  
aus Volkach  
Würzburg, August 2019

Referent: Prof. Dr. med. Ulrich Vogel

Korreferent: Prof. Dr. med. Thomas Wurmb

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 24. Juni 2020

Der Promovend ist Arzt.

Für meine Familie

## Inhalt

1 Zusammenfassung .....	6
2 Summary .....	7
3 Einleitung.....	8
3.1 MRSA .....	8
3.1.1 Erreger .....	8
3.1.2 Epidemiologie.....	9
3.1.3 Ökonomischer Aspekt .....	11
3.2 MRSA-Ausbreitung.....	12
3.2.1 hospital-acquired MRSA (hA-MRSA).....	12
3.2.2 community-associated MRSA (cA-MRSA) .....	14
3.2.3 livestock-associated MRSA (IA-MRSA) .....	14
3.2.4 MRSA-Ausbreitung im Rettungsdienst .....	15
3.3 Hygienemaßnahmen zur Vermeidung von MRSA-Übertragungen im Krankenhaus.....	17
3.4 Hygienemaßnahmen im Rettungsdienst.....	18
3.5 Fragestellung der Arbeit .....	19
4 Material und Methoden.....	20
4.1 Geräte und Hilfsmittel .....	20
4.2. Verbrauchsmaterialien.....	20
4.3. Selektivplatten .....	21
4.4 Bakterienstämme.....	21
4.5 Mikrobiologische Methoden.....	21
4.5.1 Kultivierungsbedingungen .....	21
4.5.2 Herstellung von Bakteriensuspensionen .....	21

4.6 Oberflächenkontamination und qualitative Rückgewinnung .....	22
4.7 Untersuchung von Krankenfahrzeugen .....	23
4.7.1 Datenakquisition .....	23
4.7.2 Durchführung der Probenahmen .....	25
4.7.3 Mikrobiologische Analyse der Proben .....	26
4.7.4 Rechtliche Voraussetzungen .....	27
5 Ergebnisse .....	28
5.1 Validierung der mikrobiologischen Untersuchung .....	28
5.2 MRSA-Nachweis im KTW / RTW nach Transport von MRSA-positiven Patienten .....	32
5.3 MSSA-Nachweis im Krankenwagen nach Transport von Patienten ohne MRSA-Trägerstatus.....	33
6 Diskussion .....	34
6.1 MRSA-Nachweis im Krankentransport .....	34
6.2 MSSA-Nachweis im Krankentransport .....	36
6.3 Limitationen der Studie.....	36
6.4 Zukünftiger Forschungsbedarf.....	37
6.4.1 Personaluntersuchungen.....	37
6.4.2 Luftkeimuntersuchungen .....	38
6.4.3 Dienstkleidung .....	38
6.4.4 Umgebungskontaminationen.....	39
7 Literatur .....	40
8 Danksagungen .....	50
9 Lebenslauf .....	51

## 1 Zusammenfassung

Die Innenausbauflächen von Krankentransport- bzw. Rettungswagen unterliegen dem Risiko einer Verunreinigung durch Methicillin-resistenten *S. aureus* (MRSA). In der vorliegenden Arbeit wurden Krankentransport- bzw. Rettungswagen unmittelbar nach dem Transport von MRSA-kolonisierten oder -infizierten Patienten auf MRSA untersucht. Zu diesem Zweck wurden an 2 Stellen der Trage und an 3 Stellen der Innenausbauflächen Proben entnommen.

89 von 100 untersuchten Transporten, welche das Einschlusskriterium einer Transportzeit von weniger als 20 Minuten erfüllten, wurden weitergehend analysiert.

8 der untersuchten Kranken- bzw. Rettungswagen (7,1%) wiesen eine Kontamination auf (90% Konfidenzintervall: 4-14 %), wobei die Transportzeit keinen Einfluss auf die Kontamination hatte.

MRSA wurde nur an der Trage nachgewiesen und zwar ausschließlich am Kopfteil der Trage und an den Tragegriffen. Die beprobten Stellen der Innenausbauflächen waren nicht kontaminiert.

Bei Kurzzeittransporten von MRSA-positiven Patienten sollte daher der Fokus der Desinfektion auf die Oberflächen in unmittelbarer Patientennähe gelegt werden.

Eine weitere Untersuchung von 60 Transporten MRSA-negativer Patienten blieb ohne MRSA-Befund. In 12 dieser Krankentransportwagen wurde jedoch Methicillin-sensibler *S. aureus* nachgewiesen, der sich ebenfalls vorwiegend an Kopfteil und Handgriffen der Trage fand.

Auch dieses Ergebnis unterstreicht die Bedeutung der Desinfektion patientennahe Flächen unabhängig vom MRSA-Status der transportierten Patienten.

## 2 Summary

Patients carrying MRSA provide a risk of surface contamination with MRSA in ambulance cars. This study analysed whether surfaces of ambulance cars, in which MRSA-colonised or -infected patients were transported, were contaminated with MRSA and where the contamination occurred.

89 transportation events lasting less than 20 minutes were included in the analysis.

8 ambulance cars (7,1%) were found to be contaminated with MRSA following transport (90% confidence interval: 4-14%). The transport time was not relevant for the contamination rate.

MRSA was exclusively found on the stretcher, i.e. the headrest and the handles. This finding suggests that disinfection measures after transport should be focused on the patients' contact surfaces.

Consecutive investigation included 60 transport events in the absence of MRSA-notification and demonstrated that MSSA, but not MRSA, could be detected in 12 cars, again mostly at handles and headrests.

This study shows the importance of disinfection of surfaces in the vicinity of patients transported in an ambulance irrespective of the patients' MRSA-status.

## 3 Einleitung

### 3.1 MRSA

#### 3.1.1 Erreger

In den zurückliegenden Jahrzehnten entwickelte sich Methicillin-resistenter *S. aureus* (MRSA) weltweit zu einem der häufigsten multi-resistenten Erreger nosokomialer und nichtnosokomialer Infektionen.<sup>1, 2, 3</sup> Es wurde mehrfach bewiesen, dass die Umwelt- bzw. Umgebungskontamination ein wichtiger Faktor der MRSA-Ausbreitung ist.<sup>4, 5</sup>

Bei der Gattung der Staphylokokken handelt es sich um grampositives, nicht sporenbildendes, unbewegliches und fakultativ anaerobes Kugelbakterium. Humanpathogen am bedeutsamsten ist die Art *Staphylococcus aureus*. Dieser lässt sich auf Blutagarplatten bei 37°C gut kultivieren. Auf handelsüblichem Blutagar bildet *S. aureus* nach 24-stündiger Bebrütung goldfarbene, relativ große, runde bis konvex gewölbte Kolonien, die häufig eine Hämolysezone aufweisen. Aufgrund ihrer unregelmäßigen Teilungsebene erscheinen die Kolonien meist als Haufenkokken oder kurze Ketten. *S. aureus* unterscheidet sich von Koagulase-negativen Staphylokokken durch seine Eigenschaft, Plasma zu koagulieren. Das Wachstumsoptimum liegt zwischen 30°C und 37°C. Die Bakterien sind relativ pH- und trockenresistent.

MRSA ist gekennzeichnet durch Resistenz gegen alle Beta-Laktam-Antibiotika, es können aber auch Resistenzen gegen Makrolide, Fluorchinolone, Aminoglykoside und Glycopeptide bestehen.<sup>6</sup>

Gemäß European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) gilt *S. aureus* als resistent gegenüber Oxacillin bei einer minimalen Oxacillin-Hemmkonzentration von  $\geq 2$  mg/l.<sup>7</sup>

Die Resistenz von *Staphylococcus aureus* gegen Beta-Laktam-Antibiotika wird verursacht durch das *mecA*-Gen. Dieses kodiert für ein modifiziertes Penicillin-Bindeprotein, das PBP2a, und befindet sich auf einem mobilen genetischen Element, welches als *Staphylococcal Cassette Chromosome mec* (SCCmec) bezeichnet wird.<sup>8</sup>

Das modifizierte Protein vermindert die Bindung von Beta-Laktam-Antibiotika an die Zellwand des *S. aureus*. Dadurch findet die Unterbrechung der Zellwandsynthese als Voraussetzung für das Absterben des Bakteriums nicht statt. Das modifizierte Protein macht das Antibiotikum wirkungslos.<sup>9</sup>

Für die phänotypischen Resistenzausprägungen sind meist unterschiedliche Gene *bla* (beta-Laktamase) verantwortlich.<sup>10, 11</sup>

### 3.1.2 Epidemiologie

Im Jahr 1959 kam Methicillin als neues Antibiotikum auf den Markt, um der zunehmenden Penicillinresistenz von *S. aureus* zu begegnen. Bereits zwei Jahre später, 1961, wurden erste Resistenzen und Ausbrüche von MRSA in Großbritannien beschrieben.<sup>12</sup> Diese breiteten sich in den folgenden Jahrzehnten in allen Teilen der Welt aus. Die Abkürzung MRSA für den Methicillin-resistenten *S. aureus* wird international verwendet, obwohl *S.-aureus*-Infektionen inzwischen wegen des erhöhten Auftretens von interstitieller Nephritis nach Methicillin-Medikation mit Oxacillin oder Nafcillin behandelt werden.

Aufgrund seines spezifischen Resistenzmechanismus ist MRSA gegen alle Beta-Laktam-Antibiotika resistent.<sup>13</sup> Die hieraus entstehende MRSA-Problematik hat sich in den zurückliegenden Jahrzehnten weltweit wesentlich verschärft.

In Deutschland kam es in den 1990er Jahren zu einem deutlichen Anstieg der MRSA-Zahlen. Im Jahr 1990 lag der Anteil von allen *S.-aureus*-Isolaten an MRSA bei 1,1% und stieg bis 2001 auf 17,5%.<sup>14, 15</sup> Von 2008 bis 2011 blieb dieser Anteil bei stationären Patienten in Deutschland weitgehend konstant: 23,8% (2008), 26,1% (2010), 23,4% (2011).<sup>16</sup>

Im Zeitraum 2013 bis 2016 ging Methicillin-resistenter *S. aureus* aus Blutkulturen in Deutschland bis auf 13,7% zurück.<sup>17</sup> Auch im ambulanten Bereich nahm der Anteil von Methicillin-resistenten *S. aureus*-Isolaten aus nicht invasiven Infektionen im Zeitraum von 2010 bis 2015 ab.<sup>18</sup>

Auf Intensivstationen jedoch liegt die Rate an MRSA-Infektionen deutlich höher. Laut Jahresbericht 2018 des European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) erlitten 2016 nicht weniger als 8,4 Prozent aller Patienten, die länger als 2 Tage auf einer Intensivstation behandelt wurden, eine nosokomiale Infektion.<sup>19</sup> Die

Zahlen beruhen auf den Angaben von 1.159 Intensivstationen aus 15 europäischen Ländern. Dabei gibt es große Unterschiede innerhalb Europas. In Schottland betrug die Inzidenz bei intubierten Patienten 2,8 pro 1.000 Intubationstage, in Polen 17,8 pro 1.000 Intubationstage.

Ein Blick auf die Europakarte von EARS-Net 2017 (siehe Abb. 1) zeigt ein klares Nord-Süd-Gefälle der MRSA-Prävalenz.<sup>20, 21, 22</sup>

Die skandinavischen Länder sowie die Niederlande, deren Maßnahmen zur MRSA-Prävention und -Bekämpfung sowie zum Antibiotikaverbrauch traditionell sehr stringent sind, haben eine Prävalenz von <0,5% bis 2%. Demgegenüber zeigt Südeuropa Raten von bis zu 50%, dies vor allem in Italien, Spanien und Portugal. 1992 betrug der Anteil auf Intensivstationen in Frankreich 78%, in Italien sogar 81%. In Frankreich hat ein nationales Präventionsprogramm<sup>23</sup> die Raten an MRSA-Infektionen in Blutkulturen zwischen 1993 und 2007 um 20 Prozent gesenkt. Im selben Zeitraum haben Einführung von proaktiver Infektionskontrolle mit Isolation der Betroffenen, Händehygiene und Screening von Risikopatienten die Zahl der MRSA-Fälle an Pariser Kliniken ebenfalls deutlich gesenkt.<sup>24</sup>

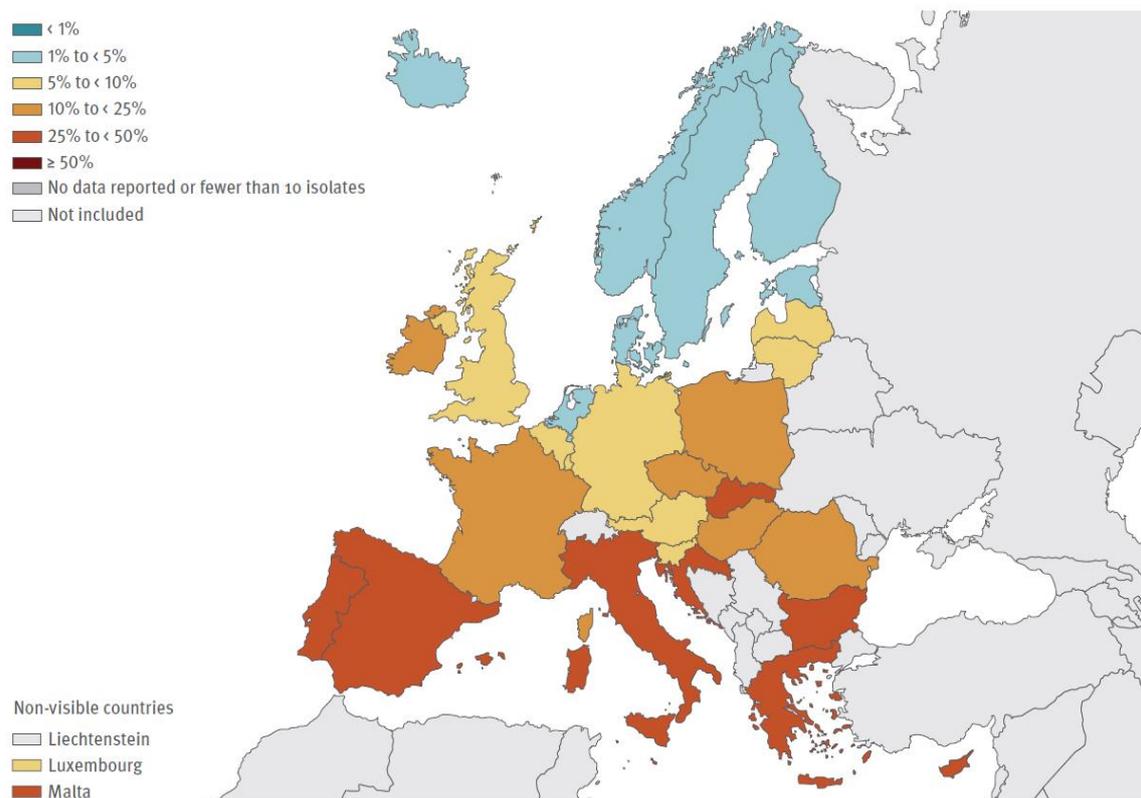


Abb. 1: Anteil (%) von MRSA an *S. aureus*-Nachweisen aus Blutkulturen in Ländern Europas, (EU/EEA) 2017

Bildquelle: European Centre for Disease Prevention and Control. Surveillance of antimicrobial resistance in Europe – Annual report of the European Antimicrobial Resistance Surveillance Network (EARS-Net) 2017. Stockholm: ECDC; 2018. Reproduktion autorisiert.

Ein Blick auf die Weltkarte weist die höchsten MRSA-Raten in Japan, Australien und den USA mit Anteilen um die 60% auf.

### 3.1.3 Ökonomischer Aspekt

Einige Studien belegen einen Zusammenhang zwischen der steigenden Anzahl von MRSA-Infektionen und den steigenden Kosten von Krankenhausbehandlung. Dies gilt – wenn auch in geringerer Kostenhöhe – in gleicher Weise für die durch MSSA-Infektionen verursachten Behandlungskosten.<sup>25, 26, 27, 28, 29, 30, 31</sup> Eine Infektion mit MRSA verlängert den Krankenhausaufenthalt und erhöht den Diagnostik- und Behandlungsaufwand.<sup>32, 33</sup> Die Behandlungskosten für eine durch Methicillin-sensiblen *S. aureus* (MSSA) verursachte, nosokomial erworbene Pneumonie liegen bei durchschnittlich 38.731 €, diejenigen für eine durch MRSA verursachte, nosokomial erworbene Pneumonie bei durchschnittlich 60.684 € (vgl.

Endnote 29). In den USA lagen die Mehrkosten pro MRSA-Infektion im Mittel bei 9.275 US\$. Sie werden verursacht durch Isolations- und Desinfektionsmaßnahmen sowie durch erhöhten medikamentösen Aufwand.<sup>34</sup>

## 3.2 MRSA-Ausbreitung

*S. aureus* gehört zur Standardflora des Menschen. Ca. 20 Prozent der Bevölkerung sind mit *S. aureus* kolonisiert. Nicht selten ist die Besiedlung jahrelang persistierend.<sup>35</sup> Die Epidemiologie von MRSA ist dynamisch und von geographischen und demographischen Faktoren abhängig.

### 3.2.1 hospital-acquired MRSA (hA-MRSA)

Nosokomiale Infektionen gehören zu den häufigen Komplikationen einer Behandlung im Krankenhaus. Sie verlängern den stationären Aufenthalt und erhöhen Morbidität und Mortalität der betroffenen Patienten.<sup>36, 37</sup>

Wie in Punkt 3.1.2 Epidemiologie gezeigt, ist die Zahl der *hA*-MRSA-Fälle in den zurückliegenden Jahren rückläufig. Dennoch gilt, dass *hA*-MRSA an der Spitze der nosokomialen Infektionen durch multiresistente Erreger in Deutschland steht.<sup>38</sup>

Die für das Jahr 2008 an KISS gemeldeten MRSA-Infektionsfälle von 84 deutschen Krankenhäusern mit 3.283.136 Patienten ergaben pro 1000 Patiententage 1,03 MRSA-Fälle.<sup>39, 40</sup>

Hierbei ist zu beachten, dass im Krankenhaus erworbener MRSA aufgrund der kurzen Verweildauer der Patienten häufig erst nach der Entlassung als Besiedler oder Infektionserreger in Erscheinung tritt. Diese Fälle werden von einigen Autoren als *hospital-associated community-onset MRSA (hcA-MRSA)* bezeichnet.<sup>41</sup>

Vor allem ältere und / oder immungeschwächte Menschen sind in Gefahr, sich auf der Normalstation oder auf der Intensivstation – hier ist das Infektionsrisiko höher - mit MRSA zu kolonisieren.<sup>42, 43</sup>

Die Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) fasst die Risikofaktoren für *hA*-MRSA wie folgt zusammen:

1. Patienten mit bekannter MRSA-Anamnese
2. Patienten aus Regionen/Einrichtungen mit bekannt hoher MRSA-Prävalenz
3. Patienten mit einem stationären Krankenhausaufenthalt (> 3 Tage) in den zurückliegenden 12 Monaten
4. Patienten, die (beruflich) direkten Kontakt zu Tieren in der landwirtschaftlichen Tiermast (Schweine) haben
5. Patienten, die während eines stationären Aufenthaltes Kontakt zu MRSA-Trägern hatten (z. B. bei Unterbringung im selben Zimmer)
6. Patienten mit zwei oder mehr der nachfolgenden Risikofaktoren:
  - chronische Pflegebedürftigkeit
  - Antibiotikatherapie in den zurückliegenden 6 Monaten
  - liegende Katheter (z. B. Harnblasenkatheter, PEG-Sonde)
  - Dialysepflichtigkeit
  - Hautulcus, Gangrän, chronische Wunden, tiefe Weichteilinfektionen
  - Brandverletzungen<sup>44</sup>

Genetisch gehört *hA*-MRSA anderen klonalen Linien an als ambulant erworbener MRSA (*cA*-MRSA).<sup>45</sup> Einige *hA*-MRSA-Linien sind weltweit verbreitet und werden als Epidemiestämme bezeichnet. Das regionale Auftreten von Epidemiestämmen ist sehr dynamisch.<sup>46, 47, 48</sup>

Der in deutschen Krankenhäusern am häufigsten auftretende *hA*-MRSA ist das Isolat der klonalen Linie ST 22, der sogenannte „Barnim-Epidemiestamm“, der zweithäufigste *hA*-MRSA ist ST 225, der sogenannte „Rhein-Hessen-Epidemiestamm“.<sup>49, 50</sup>

Die Methicillin-Resistenz bei *S. aureus* wird erworben durch die Aufnahme einer Genkassette (staphylococcal cassette chromosome *mec*) in die chromosomale DNA. Die Genkassette enthält das *mecA*-Gen. Zur Zeit sind mindestens 8 verschiedene SSC*mec*-Typen bekannt, wobei die Typen I-III zu den häufigsten *hA*-MRSA gehören.<sup>51, 52</sup>

### 3.2.2 community-associated MRSA (cA-MRSA)

Eine für den Rettungsdienst nicht zu unterschätzende MRSA-Infektionsquelle ist die sog. *community-associated* MRSA (cA-MRSA). Verschiedene Studien belegen, dass die Zahl von MRSA-Fällen im ambulanten Bereich stark ansteigt.<sup>53, 54</sup>

cA-MRSA-Fälle treten im Unterschied zu hA-MRSA-Fällen bei Patienten auf, welche die typischen, eine MRSA-Infektion begünstigenden Risikofaktoren nicht aufweisen.<sup>55, 56, 57</sup> Sie finden sich überraschenderweise zum Beispiel bei Kindern und Jugendlichen häufiger als bei älteren Menschen.<sup>58</sup>

Die ersten Beschreibungen von cA-MRSA-Infektionen stammen aus Australien und USA und beziehen sich auf Infektionsausbrüche unter Häftlingen, Soldaten, Schulkindern, Sportlern, homosexuellen Männern und in sozial-schwachen Bevölkerungsschichten.<sup>59</sup>

Die Risikofaktoren für den Erwerb von cA-MRSA-Infektionen sind enger Körperkontakt, Leben in einer überfüllten Gemeinschaftseinrichtung, schlechte Körperhygiene, gemeinsame Benutzung von persönlichen Gegenständen und Kontaktsportarten.<sup>60, 61</sup>

Studien aus den Vereinigten Staaten zeigen, dass ambulant erworbene *S.-aureus*-Infektionen oft durch MRSA verursacht werden.<sup>62, 63</sup>

cA-MRSA und hA-MRSA unterscheiden sich genetisch und phänotypisch. cA-MRSA bildet häufiger Virulenzfaktoren wie das Pantone-Valentine Leukocidin (PVL) aus.<sup>64</sup> PVL ist ein hochpotentes Zellgift, welches mit schweren Lungenentzündungen, nekrotisierender Fasciitis sowie Haut- und Weichteilinfektionen assoziiert ist.<sup>65</sup> cA-MRSA Stämme sind genetisch heterogen, tragen aber sehr häufig das SCC mec Element Typ IV.<sup>66, 67</sup>

Seit 2005 wurden immer mehr Fälle einer Co-Infektion von cA-MRSA-Pneumonie bei Patienten mit saisonaler Influenza beobachtet (siehe Endnote 61).<sup>68</sup> Da die klinische Prognose von MRSA-Infektionen schlechter ist als die von MSSA-Infektionen<sup>69, 70, 71</sup>, stellt die Co-Infektion ein erhöhtes Mortalitätsrisiko dar.

### 3.2.3 livestock-associated MRSA (lA-MRSA)

Bis zum Jahr 2003 wurde MRSA nur selten bei Tieren isoliert. Wenn dies doch der Fall war, ging man von einer Mensch-zu-Tier-Übertragung aus, was in der Bio-

typisierung belegt wurde<sup>72</sup>. Daher betrachtete man Tierreservoirs bis zum Ende des 20. Jahrhunderts als nur nachrangig bedeutsam für MRSA-Erkrankungen beim Menschen. Die Ursache von MRSA-Infektionen beim Menschen sah man in der medizinischen Anwendung von Antibiotika.<sup>73,74</sup>

Seit 2003 jedoch ist das sogenannte *livestock-associated* MRSA (*IA-MRSA*) bei Tieren und Menschen in Gebieten mit intensiver Tierhaltung in Europa, Amerika und Asien nachgewiesen.<sup>75</sup>

Bei Tieren vorkommende Staphylokokken können durch ihre wenig ausgeprägte Wirtsspezifität auf den Menschen übertragen werden, neue Antibiotikaresistenzen werden zwischen Mensch und Tier ausgetauscht. Ein Beispiel dafür ist ein Resistenzmechanismus, der durch das *cfr*-Gen erworben wird und eine Kreuzresistenz gegen Linezolid bewirkt.<sup>76</sup>

In Deutschland sind 10-15% der sporadisch außerhalb von Krankenhäusern auftretenden MRSA-Infektionen auf *IA-MRSA* zurückzuführen.<sup>77</sup> *IA-MRSA* tritt als Verursacher von Haut- und Weichgewebe-Infektionen mit ähnlichen Krankheitsbildern auf wie *cA-MRSA*.

*IA-MRSA*-kolonisierte Personen können also im stationären Setting nosokomiale Infektionen verursachen.

Die Untersuchung von Köck et al belegt im Aufnahmescreening von Patienten aus einer Region mit sehr hoher Dichte an Schweinemastbetrieben einen Anstieg von *livestock-associated* MRSA Stamm CC398 von 14% (2008) auf 23% (2011).<sup>78</sup> Auf Grund dieser Zunahme von Kolonisation mit *IA-MRSA*-Stämmen ist bei Patienten mit Haut- und Weichteilgewebeeinfektionen, die aus Regionen mit einer hohen Dichte an Tiermastbetrieben stammen, eine mikrobiologische Diagnostik erforderlich.

### 3.2.4 MRSA-Ausbreitung im Rettungsdienst

Aus der bisher erschienenen einschlägigen deutschen Literatur seien die Veröffentlichungen von H. Erpelding<sup>79</sup>, R.P. Lukas<sup>80</sup> und S. Wildermuth<sup>81</sup> genannt.

R.P. Lukas untersuchte 360 definierte Indikatorkontaktflächen in 30 Krankentransportwagen nach Transport von bekannt MRSA-positiven Patienten. In der Kontrollgruppe wurden 15 Krankentransportwagen nach Transport von Patienten ohne

bekannten MRSA-Status getestet. Bei 3 Transporten von bekannt MRSA-positiven Patienten wurde vor der Abschlussdesinfektion an 4 Kontaktflächen in den Fahrzeugen ein MRSA-Befund mit einem als nosokomial bekannten Genotyp des zuvor transportierten Patienten nachgewiesen.

In der Kontrollgruppe fand sich ein Zufallsbefund eines ebenso nosokomialen MRSA-Stammes auf dem Desinfektionsmittelspender.

S. Wildermuth untersuchte in ihrer Arbeit die Frage „Wie häufig sind Rettungsmittel mit problematischen Erregern wie z.B. MRSA kontaminiert?“ und „Lassen sich Risikofaktoren für eine MRSA-Kontamination ermitteln?“

In Bayern wies der Umfang der Hygienemaßnahmen beim Transport eines MRSA-Patienten bislang trotz des Rahmenplanes ‚Hygiene für den Rettungsdienst Bayern‘ erhebliche regionale und unternehmensabhängige Unterschiede auf.<sup>82</sup> Mittlerweile erreichten jedoch überregionale MRE-(Multiresistente Erreger)-Netzwerke wie die ‚Landesarbeitsgemeinschaft Resistente Erreger (LARE) Bayerns‘ eine gewisse Harmonisierung.

Aus dem englischsprachigen Bereich nenne ich folgende Untersuchungen:

- Ro YS et al: Single-Center-Beobachtungsstudie zur Prävalenz von u.a. MRSA im Rettungsdienst<sup>83</sup>
- Rago JV et al: MRSA im Rettungsdienst der Metropole Chicago<sup>84</sup>
- Brown R et al: Untersuchung von 51 Krankenwagen im überwiegend ländlichen Bereich des südlichen Bundesstaates Maine (USA) auf Vorkommen von MRSA<sup>85</sup>
- Roline CE et al: Eine der ersten Untersuchungen zum Nachweis von MRSA im Rettungsdienst (2007)<sup>86</sup>

### 3.3 Hygienemaßnahmen zur Vermeidung von MRSA-Übertragungen im Krankenhaus

Die nosokomiale Infektion mit MRSA gilt als schwere gesundheitliche Komplikation und verursacht erhöhten Pflegeaufwand durch die besondere Situation im Isolationszimmer und das für alle Kontaktpersonen erforderliche Tragen von Schutzausrüstung.

Zur Vermeidung von MRSA-Übertragung im Krankenhaus erarbeitete das Robert-Koch-Institut eine umfangreiche Empfehlung<sup>87</sup> und auch die US-Bundesbehörde „Centers for Disease Control and Prevention“ (CDC) veröffentlichte Richtlinien zur Prävention.<sup>88</sup>

Beide Veröffentlichungen betonen die zentrale Rolle der Kontaktisolierung. MRSA-positive Patienten sollen in Einzelzimmern untergebracht oder zusammen mit anderen MRSA-Patienten in Mehrbettzimmern kohortenisoliert werden.<sup>89</sup>

Krankenhauspersonal wie Besucher müssen beim Betreten des Isolationszimmers Schutzkittel, Einmalhandschuhe und Atemschutzmaske als Berührungsschutz tragen und diese Utensilien nach Verlassen des Patientenzimmers in bereitgestellte Abfallbehälter entsorgen. Die Hände sind vor und nach Betreten des Isolationszimmers mit einem alkoholischen Desinfektionsmittel zu desinfizieren.

Patientennahe Bereiche bedürfen einer täglichen Flächendesinfektion. Alle am Patienten verwendeten Geräte (z.B. EKG- oder Ultraschallgerät) sowie Stethoskope, Blutdruckmanschetten u.ä. müssen unmittelbar nach dem Gebrauch wischdesinfiziert werden und sollten nach Möglichkeit patientengebunden vorliegen.

Das frühzeitige Identifizieren von MRSA-Patienten bereits bei der Aufnahme im Krankenhaus ist ein wichtiges Präventionsinstrument. Hierzu dienen eine kulturelle Abklärung, ein Aufnahme-Screening<sup>90</sup> von Patienten mit Risikoprofil<sup>91</sup>, z. B. mit einem MRSA-PCR Schnelltest<sup>92</sup>, welcher in 2-3 Stunden den Befund liefert.<sup>93</sup>

Im Unterschied zu multiresistenten gramnegativen Erregern (MRGN) ist bei MRSA-Trägerstatus eine Sanierung möglich. Die Isolierung von MRSA-Patienten kann aufgehoben werden, wenn nach Abschluss der Behandlung mehrere Serien MRSA-negativer Abstrichuntersuchungen den Sanierungserfolg bestätigen.<sup>94</sup>

### 3.4 Hygienemaßnahmen im Rettungsdienst

Der Rettungsdienst ist eine entscheidende Schnittstelle zwischen verschiedenen Einrichtungen des Gesundheitswesens.

In einer Notfall-Situation ist das Erkennen eines Infektions- oder MRE-Status des Patienten meist schwieriger als bei einem Krankentransport mit vorliegenden Informationen. Gerade bei Erkrankungen, die durch Tröpfcheninfektion übertragen werden, stellt ein Rettungs- bzw. Krankenwagen aufgrund der beengten Verhältnisse ein erhöhtes Infektionsrisiko dar. Dies gilt für das Personal, aber auch für Patienten eines Folge- bzw. Anschlusstransportes, wenn die Hygienemaßnahmen nach dem vorhergehenden Patiententransport nicht suffizient durchgeführt wurden bzw. das Infektionsrisiko des Patienten nicht erkannt wurde. Oft erfährt eine Rettungs- bzw. Krankenwagenbesatzung erst Tage nach dem Einsatz, dass ein Patient infektiös war.

Auch das Rettungsdienstpersonal und ihre Rettungswachen mit Diensträumen, Umkleiden und Sozialbereichen sind in die Hygienemaßnahmen einzubeziehen. Nicht nur die Infektion von Patient zu Patient ist zu verhindern, sondern auch die Übertragung von Patient zu Personal.

Verantwortlich für die Hygiene ist der Träger des Rettungsdienstes, welcher in Deutschland durch das Rettungsdienstgesetz festgelegt ist. Organisation und Durchführung des Rettungsdienstes sind Ländersache gemäß Artikel 30 und 70 des Grundgesetzes der Bundesrepublik.

Folgende Empfehlungen und Regeln bilden die Grundlage für die Gestaltung von Hygieneplänen:

- Die „Anforderungen der Hygiene an den Krankentransport einschließlich Rettungstransport in Krankenkraftwagen“ aus den „Richtlinien für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention“ des Robert Koch-Instituts. Obwohl seit ihrem Erscheinen im Jahr 1989 nicht mehr überarbeitet sind sie eine der fachlichen Grundlagen für die Hygiene im Rettungsdienst.<sup>95</sup>
- Die Leitlinien „Hygienemaßnahmen beim Patiententransport“ des Arbeitskreises „Krankenhaus- und Praxishygiene“ (AMWF)<sup>96</sup>

- Die „Regel der Gesetzlichen Unfallversicherung zur Benutzung von persönlicher Schutzausrüstung im Rettungsdienst“<sup>97</sup>
- Die berufsgenossenschaftliche Regel 250 „Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege“<sup>98</sup>
- Die Desinfektionsmittelliste des Verbundes für angewandte Hygiene (VAH)<sup>99</sup> sowie die Liste der vom Robert-Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und Verfahren<sup>100</sup>
- Die Biostoffverordnung<sup>101</sup>

In Bayern liegt ein Rahmenhygieneplan für den Rettungsdienst derzeit noch nicht vor im Unterschied zum Land Berlin, wo der Länder-Arbeitskreis zur Erstellung von Hygieneplänen nach § 36 IfSG einen Rahmenhygieneplan für Rettungs- und Krankentransport erarbeitet hat.<sup>102</sup>

Obwohl die durchführenden Organisationen in Bayern die Ausstattung zentral beschaffen, werden Desinfektion und hygienische Maßnahmen dezentral, d.h. durch lokale Desinfektoren und Hygienebeauftragte im Rettungsdienst geregelt.<sup>103</sup>

Eine allgemeine Regelung zur Durchführung von Hygienemaßnahmen ist im bayerischen Rettungsdienstgesetz in Art.40 *Hygiene im Rettungsdienst und Transport von Patienten mit Infektionskrankheiten* verankert.

### 3.5 Fragestellung der Arbeit

Wie häufig wird MRSA auf den Innenraumbooberflächen eines Kranken- oder Rettungswagens bei maximal 20-minütigen Transporten von als MRSA-positiv bekannten Patienten nachgewiesen?

An welchen Positionen der Transportkabine findet sich der Nachweis?

Sind MRSA oder MSSA nachweisbar bei Transporten von Patienten mit unbekanntem MRSA-Status?

## 4 Material und Methoden

### 4.1 Geräte und Hilfsmittel

Sicherheitswerkbank Gelaire Flow	Laboratories BSB 4A, Meckenheim
Spektralphotometer Peqlab	
Inkubator 37°C Heraeus Typ B 5060 E und B 6200	Thermo Scientific, Karlsruhe
Koloniezähler	ProtoCOL Synbiosis, Cambridge, UK
Photometer CO8000	Biochrom WPA, Cambridge, UK
Schüttelinkubator	Certomat H/R/U B. Braun Biotech, Melsungen
Vortexer Vortex Genie 2	Scientific Industries, Bohemia, NY, USA
Pipette 250-1000µl, 20-100µl und 2,5-10µl	Eppendorf reference
Vitek II	bioMérieux Deutschland GmbH
Oberflächenmaterialprobe vom Innenausbau RTW / KTW	WAS, Ambulance and Security Vehicles, Wietmarschen, Germany

### 4.2. Verbrauchsmaterialien

Ausstrichösen (Plastik, steril)	
Abstrichtupfer	Mastaswab, Copan Italia SpA – Brescia
Baumwolltupfer	Heinz Herenz Medizinalbedarf, Hamburg, Germany
Küvetten	Sarstedt, Nümbrecht
Pipettenspitzen gelb	Sarstedt Nr. 70.760.002
Pipettenspitzen weiß	Star Lab S1111-4000
Pipettenspitzen blau	Scheller Larborbedarf Nr. 2100610
Reaktionsgefäße (0,2 ml; 0,5 ml; 1,5 ml; 2,0 ml)	Eppendorf, Hamburg, Sarstedt, Nümbrecht und Applied Biosystems, Foster City, CA, USA
Plastikröhrchen, steril (12 ml)	Greiner bio-one, Frickenhausen
Flächendesinfektionsmittel Dismozon pur®	Bode Chemie GmbH, Hamburg
Putzlappen	Kimberly Clark Wypall X50 Reinigungstücher - Blau
Einfrierröhrchen (1 ml)	Nunc, Roskilde, Dänemark
Parafilm „M“	Pechiney Plastic Packaging, Chicago, IL, USA

BHI-Bouillon (Brain-Heart-Infusion) (ohne Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup> )	Becton Dickinson GmbH, Heidelberg, Germany
PBS (Phosphate buffered saline)	Becton Dickinson GmbH
Pastorex Staph Plus	Alere, Stockport, UK
Serumalbumin vom Rind (BSA)	AppliChem GmbH, Darmstadt

#### 4.3. Selektivplatten

Columbia Agar (5 % Hammelblut)	Art.-Nr. 43049 bioMérieux, Regensburg, Germany
Baird Parker Agar	Art.-Nr. 276840, Becton Dickinson GmbH
CHROMagar™ MRSA	Art.-Nr. MR502, CHROMagar, Paris, Frankreich
Mueller Hinton Agar	

#### 4.4 Bakterienstämme

<i>S. aureus</i>	ATCC 25923
<i>S. aureus</i>	ATCC 6538P
<i>Streptococcus mitis</i>	DSM 12043

#### 4.5 Mikrobiologische Methoden

##### 4.5.1 Kultivierungsbedingungen

*S. aureus* wurde auf Columbia Blut Agar mit 5% Hammelblut mittels Drei-Ösen-Ausstrich ausplattiert und über Nacht für mindestens 18h bei 37°C und 5% CO<sub>2</sub> im Inkubator bebrütet.

Der *S.-mitis*-Stamm wurde auf Columbia Blut Agar mit 5% Hammelblut mittels Drei-Ösen-Ausstrich ausplattiert und über Nacht für mindestens 18h bei 37°C und 5% CO<sub>2</sub> im Inkubator bebrütet.

Nach der Bebrütung wurden *S. aureus* und *S. mitis* direkt für die Herstellung der Bakteriensuspension und die Durchführung der Rückgewinnungsversuche verwendet.

##### 4.5.2 Herstellung von Bakteriensuspensionen

Für die Herstellung einer Flüssigkultur von *S. aureus* ATCC 25923 und ATCC 6538P wurde mittels einer sterilen Ausstrichöse Koloniematerial von jeweils 1 ml

in Phosphatpuffer (PBS) und PBS mit 1% BSA übertragen. Diese Kulturen wurden über Nacht in einem sterilen Glasröhrchen bei 37° im Brutschrank inkubiert.

Ausgehend von dieser *S. aureus*-Übernachtskultur wurde eine Tagkultur mit einer optischen Dichte von 1 bei einer Wellenlänge von 600nm in PBS und in PBS/1%BSA hergestellt.

Von dieser Stammlösung wurde eine serielle Verdünnungsreihe sowohl in PBS als auch in PBS 1%BSA in 1,5ml Eppendorfgefäßen angelegt (8 Verdünnungsschritte von je 1:10).

Die Keimmenge der Ausgangssuspension wurde durch Inokulation von Agarplatten mit 100 µl der jeweiligen Verdünnung bestimmt.

Eine Bakteriensuspension mit einer optischen Dichte von 1 bei einer Wellenlänge von 600 nm entsprach ca.  $10^9$  KBE/ml. Dieser Wert wurde im Folgenden für die Ansätze verwendet. Die Verdünnungsstufen wurden bei jedem Versuch neu angelegt und geprüft.

#### 4.6 Oberflächenkontamination und qualitative Rückgewinnung

Die Evaluierung der Rückgewinnung von *S. aureus* vom Innenausbauaterial eines Rettungswagens (RTW) bzw. Krankenwagens (KTW) erfolgte nach unterschiedlichen Zeitintervallen.

10 µl der 4 höchsten Verdünnungen einer Verdünnungsreihe von *S. aureus* ATCC 25923 und ATCC 6538P wurden auf eine vordefinierte Fläche von 5 cm<sup>2</sup> einer RTW / KTW – Innenausbau-Materialprobe des Herstellers WAS unter der Sicherheitswerkbank aufgebracht.

Nach 30 oder 180 Minuten Eintrocknungszeit wurden die kontaminierten Oberflächen entweder mit einem trockenen, sterilen Baumwolltupfer (Heinz Herenz Medizinalbedarf, Hamburg, Germany) oder mit einem mit 1 ml steriler 0,9%igen NaCl-Lösung angefeuchteten sterilen Baumwolltupfer (Heinz Herenz Medizinalbedarf, Hamburg, Germany) abgestrichen.

Das Rückgewinnen von der 5-cm-Oberflächenprobe erfolgte standardisiert. Die Oberfläche wurde flächendeckend zunächst von oben nach unten, danach analog von links nach rechts durch Hin- und Herstreichen abgewischt. Dabei wurde der Tupfer mehrmals gedreht.

Anschließend folgte das Ausstreichen der Tupfer direkt auf Columbia Agar mit 5% Hammelblut und Baird Parker Agar und das Bebrüten beider Nährmedien für 18 Stunden bei 37° und 5% CO<sub>2</sub> im Brutschrank.

Die gewachsenen Kolonien wurden unter dem LAF-Koloniezähler bestimmt. Um eine optimale Ausbeute zu erzielen wurde der Tupfer, mit dem die Fläche untersucht wurde, die mit der am niedrigsten konzentrierten Keimsuspension kontaminiert worden war, unmittelbar nach der Abnahme von der Probeoberfläche in eine BHI-Bouillon (Brain-Heart-Infusion) inkubiert und diese Bouillon für 24 Stunden in einem Schüttelinkubator bebrütet. Die entstandene Trübung wies bereits auf ein Bakterienwachstum hin. Anschließend wurden 10 µl pro BHI-Bouillon auf Columbia Blut Agar und Baird Parker Agar ausplattiert. Nach weiteren 24 Stunden im Brutschrank wurde das Koloniewachstum unter dem LAF-Koloniezähler abgelesen.

Zur Bestimmung des Einflusses von Störfaktoren wie Desinfektionsmittelrückständen auf die Rückgewinnung von *S. aureus* wurde die Innenausbaumaterialprobe mit dem Flächendesinfektionsmittel Dismozon pur® durch Wischen feucht desinfiziert. Nach der vom Hersteller angegebenen Einwirkzeit von 1 Stunde wurde das Oberflächenmaterial mit Wasser und einem Lappen abgewaschen, um Rückstände des Desinfektionsmittels zu entfernen. Dabei wurde steriles Wasser verwendet zur Vermeidung einer Oberflächenkontamination durch im Trinkwasser vorhandene Keime.

Nach der Desinfektion erfolgten in der oben beschriebenen Weise eine erneute Kontamination der Oberfläche mit *S. aureus* und nach Eintrocknung der Bakterien suspension für 90 Minuten eine erneute Probenahme der Fläche mit angefeuchtetem Probenahmetupfer.

Die Versuche wurden analog mit *Streptococcus mitis* DSM 12043 durchgeführt.

## 4.7 Untersuchung von Krankenfahrzeugen

### 4.7.1 Datenakquisition

Ort der Studie war der Rettungsleitstellenbereich Würzburg. Untersucht wurden interne Krankentransporte an der Universitätsklinik Würzburg.

Einbezogen waren die drei Hilfsorganisationen Bayerisches Rotes Kreuz (BRK), Johanniter-Unfall-Hilfe (JUH) und Malteser Hilfsdienst e.V. (MHD), die für den öffentlich-rechtlichen Rettungsdienst von Stadt und Landkreis Würzburg beauftragt sind.

Die Probenahme nach dem Transport wurde ausschließlich vom Promovierenden vorgenommen, um präanalytische Variabilität zu minimieren. Rettungsdienstpersonal war an der Probenahme nicht beteiligt. Die Probenahme erfolgte an den aus Abb. 2 ersichtlichen 5 patientennahen bzw. patientenfernen Bereichen des Krankentransportwagens.

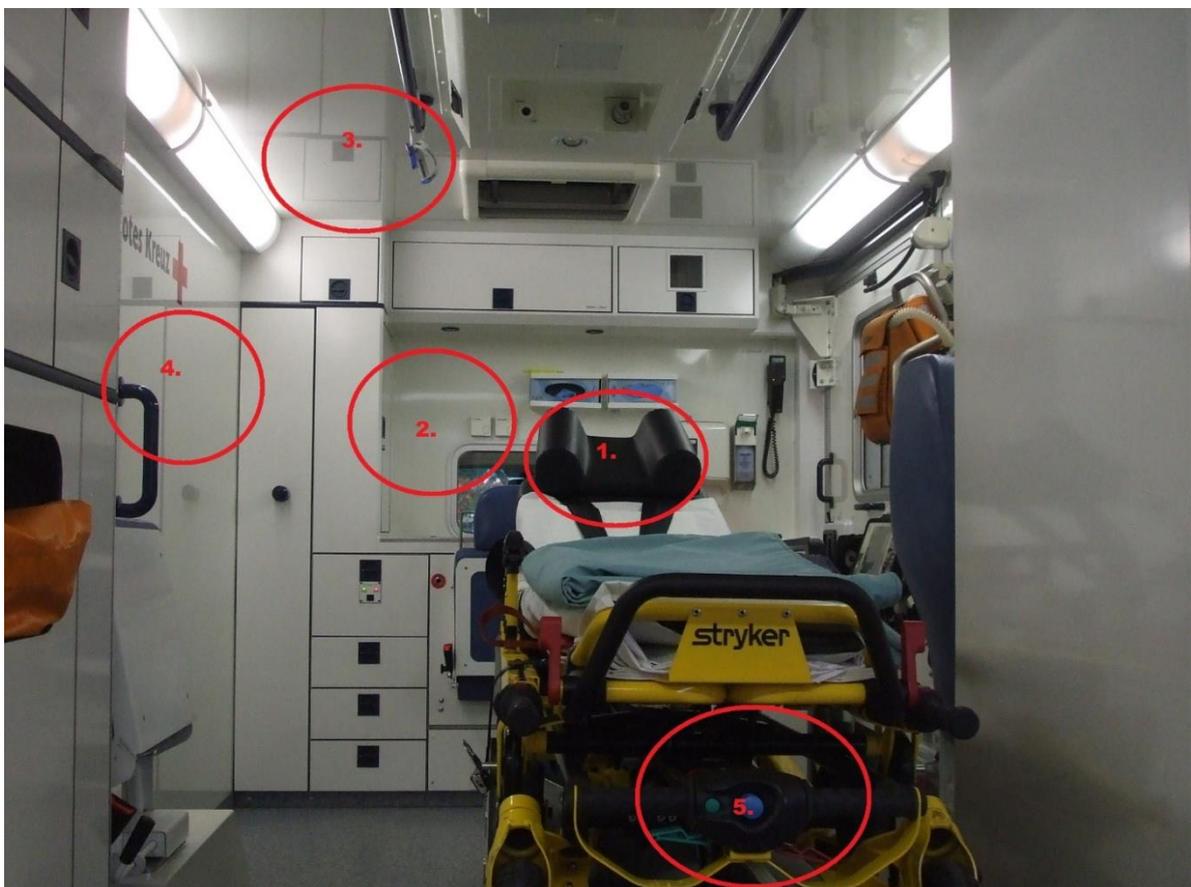


Abb. 2: Fotografische Darstellung des Innenausbaus eines Rettungswagens. Rote Kreise stellen die Untersuchungspunkte dar: (Foto Sebastian J. Eibicht – Vol71/1)

- 1 Kopfteil der Trage (patientennah)
- 2 Innenseite der Bordwand zwischen Patienten- und Fahrerkabine (patientenfern)
- 3 Innenseite des Borddaches
- 4 Innenseite der Bordwand Patientenkabine Fahrerseite
- 5 Griffe am Tragegestell

#### 4.7.2 Durchführung der Probenahmen

Die Proben wurden unmittelbar nach dem Transport eines Patienten mit bzw. ohne Angabe des MRSA-Status am Institut für Hygiene und Mikrobiologie der Universität Würzburg abgenommen. Lag eine MRSA-Angabe in der Transportanforderung nicht vor, so wurde von negativem oder nicht untersuchtem Status ausgegangen.

Das Einschlusskriterium für die Studie war eine Patiententransportzeit von maximal 20 Minuten.

Der Promovierende war für die Rettungsleitstelle Würzburg von Montag bis Freitag durchgängig per Mobiltelefon erreichbar.

Unmittelbar nach Auftragsannahme wurde der Promovierende informiert und begab sich zur Durchführung der Probenahme im Krankentransportwagen zum Institut für Hygiene und Mikrobiologie der Universität Würzburg. Die Probenahme für Transporte ohne MRSA-Hinweis erfolgte an der Liegendeinfahrt der Zentren Operative Medizin (ZOM) und Innere Medizin (ZIM), welche weniger als 1 km vom Institut entfernt ist. Die Untersuchungsmaterialien wurden stündlich in das Institut für Hygiene und Mikrobiologie verbracht, um sie dort zu bebrüten. Zur Untersuchung gelangten 100 Transporte von MRSA-Patienten und 60 Transporte ohne Hinweis auf MRSA.

Der sterile Baumwolltupfer wurde direkt vor der Entnahme mit steriler 0,9%iger NaCl- Lösung angefeuchtet. Mit dem angefeuchteten Baumwolltupfer wurde pro Probenahmepunkt eine Fläche von 400 cm<sup>2</sup> auf der Innenausbaufäche des Kranken- bzw. Rettungswagens beprobt. Hierin sind die beiden Tragegriffe der Patiententrage nicht enthalten. Diese wurden gesondert beprobt.

Danach wurde mit dem Baumwolltupfer sofort eine BHI-Lösung inokuliert.

Die Proben wurden mit dem Code X.Y. nummeriert, wobei X die fortlaufende Nummer der untersuchten Transporte bezeichnet, Y die oben genannten Entnahmepunkte.

Zu dieser Nummer wurden auf einer Liste die Transportnummer des Krankentransportes, die Zeit der Übernahme des Krankentransportauftrages und das Datum des Krankentransportes hinzugefügt. Diese fortlaufende Nummer wurde für alle weiteren mikrobiologischen Untersuchungen der Probe verwendet.

### 4.7.3 Mikrobiologische Analyse der Proben

Die Tupfer in der BHI-Bouillon-Lösung kamen unmittelbar nach der Probenahme für 24 Stunden in den Schüttelinkubator (Certomat H/R/U B. Braun Biotech, Melsungen), wo sie bei 37°C ohne Zusatz von CO<sub>2</sub> bebrütet wurden. Nach 24 Stunden wurde die Nährbouillon auf Trübung begutachtet. Anschließend wurden 10 µl pro BHI-Bouillon auf Columbia Blut Agar und Baird Parker Agar ausplattiert. Im Brutschrank wurden alle Nährböden für 18 bis 24 Stunden bei 37°C in 5% CO<sub>2</sub> inkubiert. Nach dieser Zeit wurde das Wachstum auf den Platten zum ersten Mal begutachtet. Kolonien, die makroskopisch auf *S. aureus* und MRSA verdächtig waren, wurden auf einer neuen Columbia Blut Agar Platte mittels Drei-Ösen-Ausstrich isoliert.

Nach weiterer 18- bis 24-stündiger Bebrütung im Brutschrank bei 37° auf Columbia Blut-Agar Platte wurden die verdächtigen Kolonien auf eine CHROMagar™ MRSA-Platte ausplattiert.

Auf diesen Platten werden Methicillin-sensible *S. aureus* gehemmt, andere Bakterien wie Koagulase-negative Staphylokokken und Enterokokken wachsen farblos oder bläulich, MRSA entwickeln malvenfarbig-rosa Kolonien.

Die malvenfarbig-rosa gewachsenen Kolonien wurden 3 weiteren Tests unterzogen.

#### **Nachweis von Katalase:**

Dieser Test führt zur Unterscheidung von Katalase-positiven Bakterien wie *S. species* und Katalase-negativen Bakterien wie Streptokokken. Mit einer Impföse wurde eine Kolonie von der CHROMagar™-MRSA-Platte entnommen und in einem Tropfen Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) verrührt. Das Enzym Katalase bewirkt die Freisetzung von Sauerstoff unter Gasbildung (Sprudeln um die eingerührte Kolonie).

#### **Nachweis von Plasma-Koagulase und Protein A:**

Staphylokokken werden aufgrund ihrer Eigenschaft zur Bildung von Koagulase in Koagulase-positive und Koagulase-negative Staphylokokken unterteilt.

*S. aureus* ist Koagulase-positiv. Er bildet freie und gebundene Koagulase (den sog. *clumping factor*), welche einen wichtigen Virulenzfaktor darstellt. Protein A ist wie der *clumping factor* Bestandteil der Zellwand von *S. aureus*.

Zur Unterscheidung von *S. aureus* und Koagulase-negativen Staphylokokken wie *S. epidermidis* wird der Pastorex Staph-Plus (Fa. BIO RAD, München) verwendet. Dies ist ein schneller Latex-Agglutinationstest für den gleichzeitigen Nachweis von gebundenem Fibrinogen (*clumping factor*), Protein A und Kapselpolysacchariden von *S. aureus*. Anschließend wurde das Vitek-Analyse-Gerät zur genauen Identifizierung und zur Empfindlichkeitsprüfung von Antibiotika herangezogen.

Zur molekularen Typisierung von *S. aureus* wurde die spa-Typisierung und zur Auswertung die StaphType Software der Firma Ridom (Ridom GmbH, Würzburg) genutzt.

Die Typisierung erfolgte im Bereich Molekularbiologie des Institutes für Hygiene und Mikrobiologie der Universitätsklinik Würzburg.<sup>104</sup>

#### 4.7.4 Rechtliche Voraussetzungen

Ein schriftliches Gesuch um Studiengenehmigung wurde vom Amt für Zivil- und Brandschutz in Würzburg mit Datum 17.04.2008 für den zuständigen Bereich genehmigt.

Auch die drei Hilfsorganisationen, die für den öffentlich-rechtlichen Rettungsdienst von Stadt und Landkreis Würzburg beauftragt sind, haben den schriftlichen Antrag auf Studiengenehmigung positiv beschieden.

Eine Zustimmung des Datenschutzbeauftragten der Universität Würzburg (zu diesem Zeitpunkt Dr. Schwarzmann) war nicht erforderlich, da patientenbezogene Daten nicht verwendet wurden.

Ebenso erübrigte sich ein Antrag bei der Ethikkommission, da Patienten oder Patientenmaterial nicht Gegenstand der Studie waren.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Validierung der mikrobiologischen Untersuchung

Bei Laboruntersuchungen zur Validierung der anzuwendenden Methoden vor Beginn der Probenahmen in RTW / KTW ging es um die Klärung folgender Fragen: Kann *S. aureus* auf den Innenausbauflächen einen für die Studie relevanten Zeitraum überleben?

Bis zu welcher Keimzahl ist eine Rückgewinnung möglich?

Welchen Einfluss hat eine vorherige Flächendesinfektion auf die Rückgewinnung? Es zeigte sich, dass *S. aureus* auf Innenausbauoberflächen nach 2 Stunden quantitativ zurückgewonnen werden kann, auch wenn die Keimsuspension auf der Oberfläche ganz oder teilweise eingetrocknet war.

Die Rückgewinnungsgrenze lag bei 10 *colony-forming unit* (CFU) auf 5 cm<sup>2</sup>. In 51 von 52 Rückgewinnungsversuchen wurden in einem für den Untersucher verblinden Ansatz zwischen 10 und 3000 CFU von einer 5 cm<sup>2</sup> großen kontaminierten Fläche zurückgewonnen.

Abb. 3 stellt die Rückgewinnungsquote dar. Sie betrug, ausgehend von einer Keimsuspension mit einer OD600 von 1 für die Verdünnungen 4-7 einer Zehnerverdünnungsreihe 32%, 27%, 25% bzw. 52% der eingesetzten CFU, was als hinreichende Rückgewinnungsquote angesehen wurde.

In 13 Experimenten wurde überprüft, ob Keimzahlen unter 100 KBE rückgewonnen werden können. Hierfür wurden zwischen 10 und 21 CFU aufgetragen. In 12 von 13 Experimenten gelang die Rückgewinnung von *S. aureus*, was eine hohe Sensitivität belegte.

Die Rückgewinnungsrate von *S. aureus* wurde durch die Kontamination der *S. aureus*-Suspension mit dem oralen Rachenbakterium *Streptococcus mitis* nicht gestört. Die Rückgewinnungsversuche zeigten auch, dass eingetrocknete Desinfektionsmittelrückstände von Dismozon pur® auf der Materialprobe der RTW / KTW-Innenverkleidung keine Auswirkung auf die Rückgewinnungsrate haben.

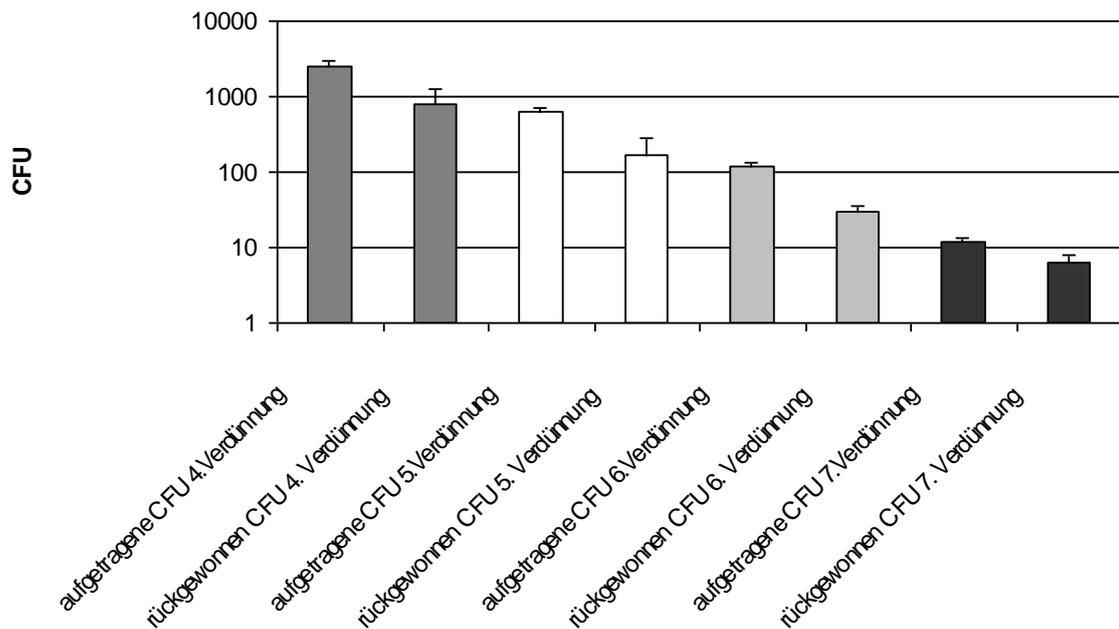


Abb. 3: Quantifizierung der Rückgewinnung artifiziell mit MRSA (ATCC 25293) kontaminierter Innenausbauflächen mittels angefeuchtetem Tupper

Ausgehend von einer  $OD_{600} = 1$  wurden serielle 1:10-Verdünnungen angesetzt. Verwendet wurden Verdünnungen Nr. 4-7. Die Keimzahl, die durch direkte Plattierung der Verdünnung ermittelt wurde (hier mit „aufgetragene CFU“ gekennzeichnet), wurde für jede Verdünnung mit der Keimzahl verglichen, die durch die Abstrichuntersuchung rückgewonnen worden war („rückgewonnene CFU“). Dargestellt sind der Mittelwert der  $\log_{10}$ -CFU-Werte von drei oder vier Experimenten und die Standardabweichung.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Ergebnisse der Rückgewinnungsversuche der einzelnen Stämme von *S. aureus* in PBS und von *S. aureus* in BSA 1%.

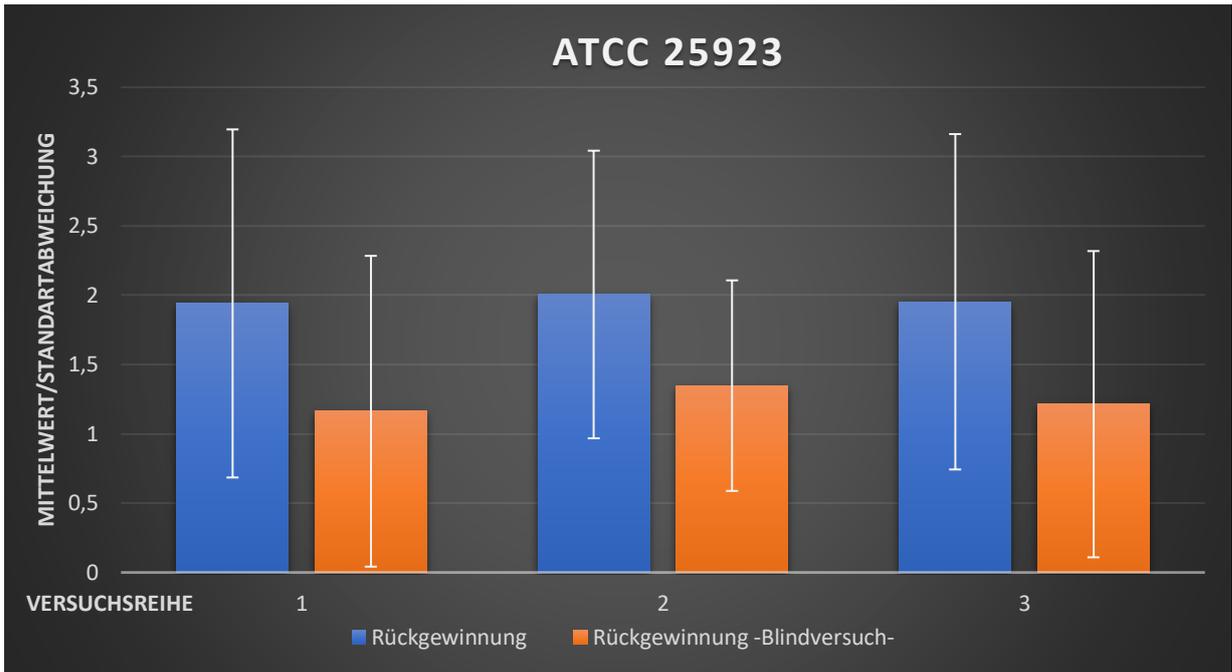


Abb. 4: Vergleich der Rückgewinnung im Blindversuch vom *S.-aureus*-Stamm ATCC 25923 in PBS. Dargestellt sind der Mittelwert der log<sub>10</sub>-CFU-Werte von drei Versuchsreihen und die Standardabweichung.

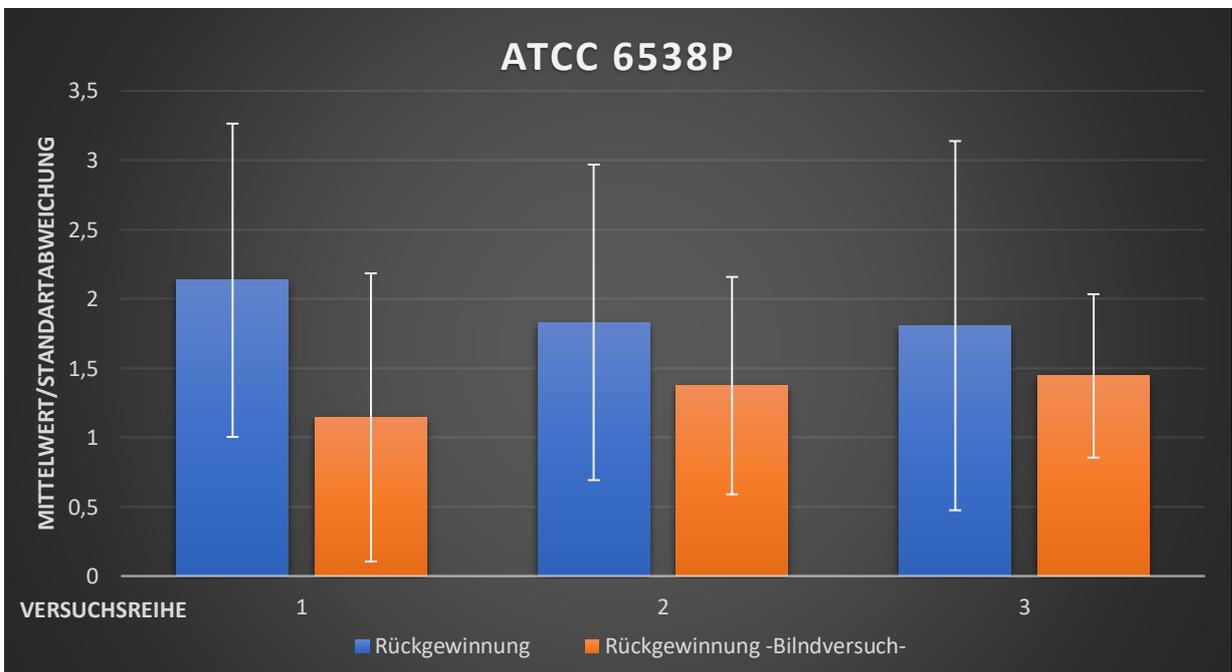


Abb. 5: Vergleich der Rückgewinnung im Blindversuch vom *S.-aureus*-Stamm ATCC 6538P in PBS. Dargestellt sind der Mittelwert der log<sub>10</sub>-CFU-Werte von drei Versuchsreihen und die Standardabweichung.

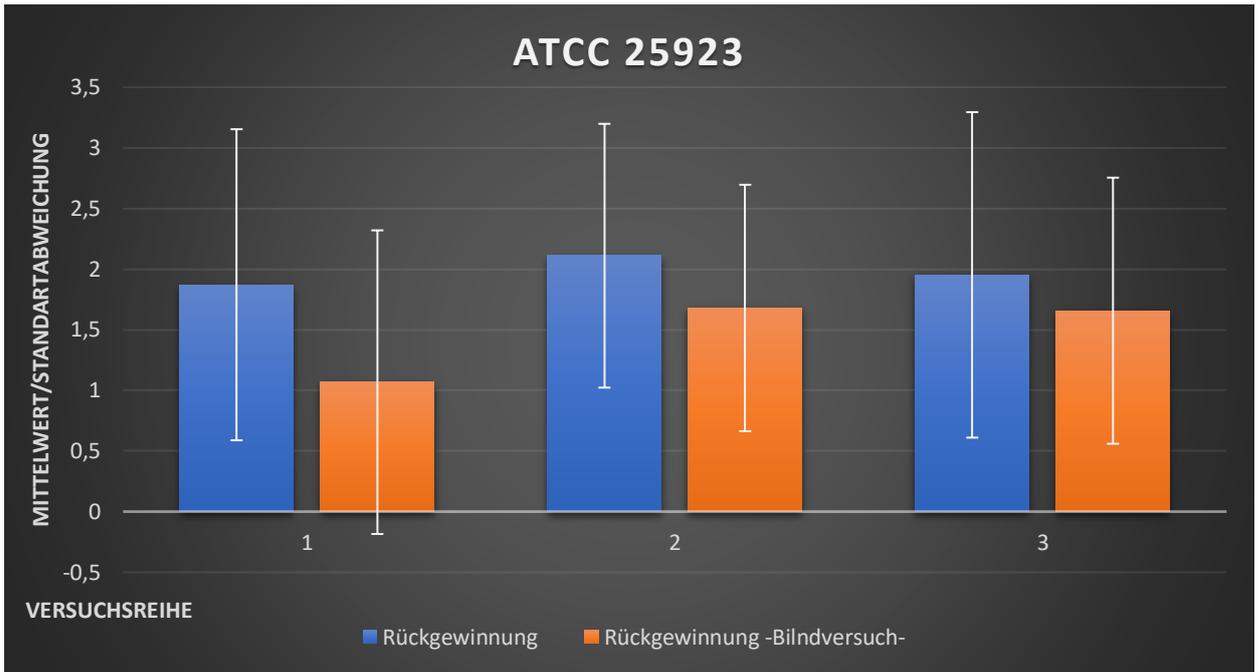


Abb. 6: Vergleich der Rückgewinnung im Blindversuch vom *S.-aureus*-Stamm ATCC 25923 in BSA 1%. Dargestellt sind der Mittelwert der log<sub>10</sub>-CFU-Werte von drei Versuchsreihen und die Standardabweichung.

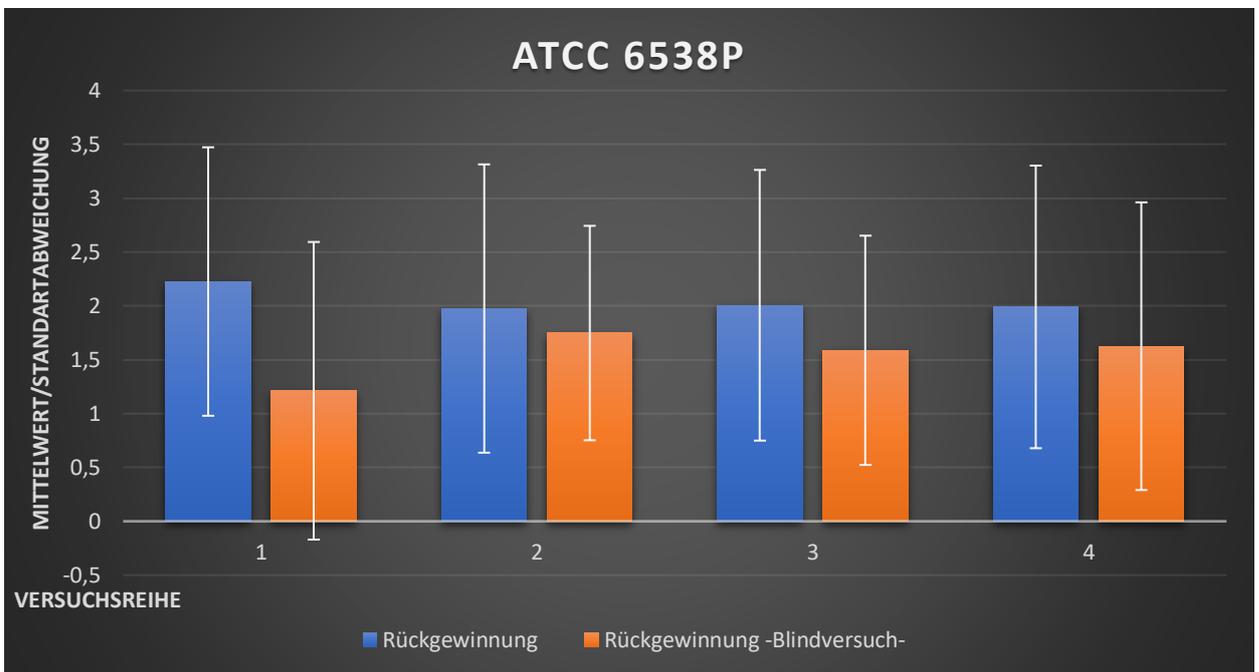


Abb. 7: Vergleich der Rückgewinnung im Blindversuch vom *S.-aureus*-Stamm ATCC 25923 in BSA 1%. Dargestellt sind der Mittelwert der log<sub>10</sub>-CFU-Werte von drei Versuchsreihen und die Standardabweichung.

## 5.2 MRSA-Nachweis im KTW / RTW nach Transport von MRSA-positiven Patienten

Bei der Untersuchung von Krankentransportwagen / Rettungswagen unmittelbar nach dem Transport von Patienten mit einer MRSA-Infektion wurden innerhalb des Patiententransporttraumes 3 Oberflächen abgestrichen (siehe Abb. 2), die zusammen 3% der Gesamtinnenraumfläche ausmachten. Das Patientenkopfteil und die Handgriffe der Trage wurden ebenso zur Probenahme verwendet.

Das Einschlusskriterium für die Studie war eine Patiententransportzeit von maximal 20 Minuten. Die Transportzeit wurde vom Krankentransportwagen durch Statusmeldung direkt an die Rettungsleitstelle übermittelt und konnte daraufhin an der Studie nachvollzogen werden.

In 89 von 100 untersuchten Transporten war dies der Fall. In 5 Fällen war die Transportzeit nicht an die Rettungsleitstelle übermittelt worden. Bei 4 Transporten lag die Transportzeit zwischen 20 und 30 Minuten, bei weiteren 2 Transporten betrug die Transportzeit 31 bzw. 51 Minuten.

Die restlichen 89 Transporte befanden sich im Zeitfenster und wurden zur Studie herangezogen.

In 8 dieser 89 Transporte wurde MRSA im KTW / RTW gefunden.

Die Fundstellen waren wie folgt:

- nur Kopfteil der Trage (5 Fälle)
- nur Handgriffe der Trage (2 Fälle)
- Kopfteil und Handgriffe der Trage (1 Fall)

Alle anderen Untersuchungspunkte waren ohne MRSA-Befund.

Bemerkenswert ist, dass 7 der 8 MRSA-Fälle von Transporten unter 10 Minuten – dies betraf 62 Transporte – stammen und der 8. MRSA-Fall von einer Transportzeit von 11:20 Minuten, während die übrigen 27 Transporte mit längerer Transportzeit keine MRSA-Kontamination aufwiesen. Eine längere Transportzeit hat also keine Auswirkung auf eine MRSA-Kontamination.

Die molekulare Typisierung der MRSA-Stämme zeigte in 8 Fällen den spa-Typ t003 und in einem Fall t001.

Die spa-Typen t003 und t001 wurden 2011/2012 bei 45% beziehungsweise 5% aller MRSA-Isolate am Universitätsklinikum Würzburg gefunden (Daten des Instituts für Hygiene und Mikrobiologie der Uniklinik Würzburg).

Ein Abgleich mit den spa-Typen der bei den transportierten Patienten gefundenen MRSA war wegen der anonymen Durchführung der Studie nicht möglich.

### 5.3 MSSA-Nachweis im Krankenwagen nach Transport von Patienten ohne MRSA-Trägerstatus

Die anhand von Transporten MRSA-positiver Patienten gewonnenen Daten legen nahe, dass MRSA-Kontaminierung sich auf direkte Kontaktflächen des Patienten bzw. der Hände des Personals konzentriert.

Es sollte nun geprüft werden, ob sich diese Befunde bei der generellen Untersuchung auf *S. aureus* von vorher nicht kontaminierten Transporten verifizieren lassen.

Daher wurde eine nachfolgende Studie durchgeführt, in der KTW / RTW unmittelbar nach einem Krankentransport untersucht wurden ohne Kenntnis einer etwaigen MRSA-Infektion des Patienten.

Zur Studie zugelassen wurden alle Krankentransporte zur Universitätsklinik Würzburg und alle intrahospitalen Krankentransporte, deren Transportzeit 20 Minuten nicht überschritt. Gegenstand der Untersuchung war Kontamination mit *S. aureus* im Krankenwagen. Ein MRSA-Nachweis gelang hierbei nicht.

Allerdings wurde in 12 der 60 untersuchten KTW / RTW MSSA nachgewiesen wie folgt:

- an den Tragegriffen 6 Fälle
- am Kopfteil 5 Fälle
- an der Innenseitenbordwand im Abstand von 115 cm von der Trage 1 Fall

Die Ergebnisse bestätigen, dass insbesondere direkte Kontaktflächen von Patient und Händen des Personals kontaminiert werden und dass entfernte Flächen eine sehr untergeordnete Rolle spielen.

## 6 Diskussion

### 6.1 MRSA-Nachweis im Krankentransport

Mit dieser Promotion sollte eine Wissenslücke in Bezug auf die Kontamination von KTW / RTW mit MRSA nach dem Transport eines Patienten geschlossen werden. Die gewonnene Evidenz sollte Diskussionen der Dienstleister zur Wiederaufbereitung von KTW / RTW nach abgeschlossenem Transport unterstützen. Ich konnte zeigen, dass MRSA- und MSSA-Kontamination nach Kurztransporten auftreten und dass diese auf die patientennahen Flächen fokussiert sind.

Der Nachweis von MRSA auf Oberflächen von KTW / RTW wurde bereits in anderen Veröffentlichungen geführt. Die Autoren Brown, Schneider et al (2010) untersuchten 51 KTW / RTW aus dem ländlichen Raum des US-Bundesstaates Maine auf MRSA. Bei 25 KTW / RTW (49%) wurde MRSA an mindestens einer Stelle gefunden (siehe Endnote 85). Die hohe Anzahl der getesteten Krankenwagen und die Tatsache, dass mehrere Stellen im Krankenwagen mit MRSA kontaminiert waren, belegen den Handlungsbedarf in Bezug auf Desinfektionsmaßnahmen.

Auch die Studie von Roline (2007) beschäftigte sich mit der MRSA-Kontamination in KTW / RTW. Hier wurden an 5 Stellen der Krankenwagen Proben gewonnen und auf MRSA untersucht. 13 Proben aus 10 von 21 untersuchten Krankenwagen (47,6%) wiesen MRSA auf (siehe Endnote 86).

Diese beiden Studien bestätigen im Einklang mit unserer Untersuchung, dass MRSA-Kontamination innerhalb der Krankenwagen nicht ignoriert werden darf. Die hohen Kontaminationsraten, die in den USA an ausgewählten KTW / RTW beobachtet wurden, sind teilweise zu erklären mit der im Vergleich zu Deutschland höheren MRSA-Prävalenz.<sup>105</sup>

Wie ist die Beschränkung der MRSA-Kontamination in meiner Studie auf die patientennahen Bereiche zu erklären? Verwirbelungen, die im stationären Bereich zum Beispiel beim Herrichten der Betten von mit MRSA kolonisierten Patienten zu einer Raumlufthkontamination mit MRSA führen, die erst 30 Minuten später auf den Ausgangswert abfällt, treten im Kontext eines Krankentransportes nicht auf.<sup>106</sup>

Auch die Studie von Gehanno, Louvel, Nouvellon et al (2009) konnte räumliche MRSA-Kontamination durch Patienten mit MRSA-kolonisierten Atemwegen in „hospital rooms“ nicht nachweisen, was den Ergebnissen der vorliegenden Analyse entspricht.<sup>107</sup>

Zusätzlich ist zu erwähnen, dass bei der vorliegenden Studie MRSA-positive Patienten routinemäßig mit Gesichtsmasken und frischer Kleidung versehen wurden und vor dem Transport eine Händedesinfektion erhielten. Diese Maßnahmen vor dem Transport sind geeignet zur Eindämmung von Kontamination peripherer Oberflächen durch große Tröpfchen beim Transport von Patienten mit MRSA-Besiedlung in den oberen Luftwegen.

Die Kopfteile der Trage waren am häufigsten positiv auf MRSA getestet. Diese Kontamination ist unabhängig von der Aerosolverbreitung durch kontaminierte Atemwege, sondern sie entsteht durch Kontakt im Nacken-Hals-Bereich.

Interessanterweise sind Krankentragen als Kontaminationsquelle bei MRSA-Ausbrüchen bekannt<sup>108, 109</sup>. Es ist daher unerlässlich, die Kopfteile der Tragen unabhängig vom MRSA-Status des transportierten Patienten gründlich zu desinfizieren. Zusätzlich sollten die Kopfteile mit Einwegüberzügen abgedeckt werden.

In 2 Fällen wurden die Griffe der Trage MRSA-positiv getestet. Diese Tatsache spiegelt die indirekte Kontamination von Oberflächen durch die Hände der Mitarbeiter wider, welche trotz der Verwendung von Einmalhandschuhen auftritt. Der rationale Umgang mit Handschuhen und die gründliche Desinfektion der Tragegriffe nach jedem Einsatz erweisen sich als unverzichtbar.

Die Fachliteratur beschreibt Personal als Vektor von KTW / RTW-Oberflächenkontamination insbesondere im Bereich der Arbeitsfläche. So wiesen Melissa K Valdez et al als hauptsächliche Träger des Keimtransfers auf KTW / RTW-Oberflächen die Hände der Feuerwehrleute (Rettungsdienst), die inkonsequenten gegenwärtigen Desinfektionspraktiken sowie die nur minimal verringerte mikrobielle Kontamination nach<sup>110</sup>. Wie bereits Nigam et al (2003)<sup>111</sup> hebt James V. Rago in seiner Studie „Detection and analysis of *S. aureus* isolates found in ambulances in the Chicago metropolitan area“ (2012) die Bedeutung der standardmäßigen Desinfektionsmaßnahmen nach jedem Patiententransport hervor mit Desinfektionsschwerpunkt auf den Stellen mit der höchsten Keimbelastung. Dies sind das

direkte Umfeld des Patienten sowie die mit den Händen berührten Stellen wie etwa die Griffe der Trage (siehe Endnote 84). Die Studie testete im Großraum Chicago 71 Krankenwagen an 26 Stellen auf *S. aureus*, 49 davon positiv, was fast 70% entspricht. Bei 5 der 71 untersuchten Krankenwagen fanden sich Methicillin-resistente *S. aureus*-Isolate, das sind 21%. Dies unterstreicht die Forderung, dass Einmalhandschuhe strikt am Patienten und möglichst prozessbezogen zu verwenden sind, um die Kontamination anderer Flächen zu minimieren, insbesondere die äußerst kritische Kontamination der Arbeitsfläche, auf der Instrumente und Medikamente gerichtet werden.

## 6.2 MSSA-Nachweis im Krankentransport

Die Referenzstudie, welche 60 Transporte der Universitätsklinik Würzburg ohne Hinweis auf MRSA untersuchte, wies 12 MSSA nach. Fast alle Fundstellen befanden sich Bereich der Trage. In Analogie zu dem oben Gesagten unterstreicht dieses Ergebnis die Notwendigkeit der Desinfektion patientennaher Flächen nach Beendigung des Transports. Dies gilt aufgrund der hohen Trägerquoten fakultativ pathogener Erreger wie *S. aureus* für den Abschluss des Transports eines jeden Patienten.

Ein einziger MSSA wurde an einer weiter entfernten Fläche (Kabinenwand) gefunden. Es ist unbekannt, ob dieser auf Grund der seltenen Desinfektion der Kabinenwände von einem früher transportierten Patienten verursacht wurde. Die Kabinenwände werden in der Regel einmal pro Woche gereinigt, nach einer Infektfahrt jedoch zusätzlich außer der Reihe.

## 6.3 Limitationen der Studie

Die hier dargestellten Ergebnisse sind durch folgende Faktoren in ihrer Aussagekraft limitiert:

Die Beprobung bezog sich nur auf einen kleinen Ausschnitt der Innenausbauflächen, da der KTW / RTW wieder in den Einsatz gehen musste. Ggf. hätte durch alternative Beprobungsverfahren wie der Verwendung von Schwämmen eine größere Oberfläche untersucht werden können.

Aus logistischen Gründen wurde auf eine Luftkeimmessung verzichtet, weswegen zur Freisetzung von Keimen über große Tröpfchen keine Aussage getroffen werden kann. Es ist allerdings aufgrund der Verwendung einer Gesichtsmaske beim Patienten von einer Freisetzung nicht auszugehen.

Das Studiendesign sah nicht vor, die *S. aureus*-Stämme von Patienten und Oberflächen zu vergleichen. Somit kann nicht belegt werden, ob die Kontamination seinen Ursprung im zuletzt transportierten Patienten hatte.

Die Effektivität von Desinfektionsmaßnahmen im Hinblick auf die Eliminierung von Oberflächenkontamination im KTW / RTW wurde nicht untersucht.

Die Übertragung von *S. aureus* auf nachfolgend transportierte Patienten wurde nicht untersucht.

Personaluntersuchungen waren durch das Studienprotokoll nicht abgedeckt.

## 6.4 Zukünftiger Forschungsbedarf

### 6.4.1 Personaluntersuchungen

Beschäftigte im Gesundheitswesen mit Kontakten zu Patienten sind häufiger gegenüber MRSA exponiert als die Allgemeinbevölkerung. Diese Personen können dadurch vorübergehend oder dauerhaft MRSA-Träger sein.<sup>112</sup>

In der Regel liegt die MRSA-Besiedlungsrate der Normalbevölkerung unter 1%.<sup>113</sup> Unter medizinischem Fachpersonal kann diese Quote jedoch höher sein. Albrich / Harbarth haben in ihrer Studie „Health-care workers: source, vector, or victim of MRSA?“ unter 255 Mitarbeitern einer Notaufnahme in den USA bei 13,6% des Personals MRSA-Besiedlung festgestellt.<sup>114</sup> Diese Zahlen decken sich mit der Studie von Bisaga et al (USA), der 105 Mitarbeiter einer amerikanischen Notaufnahme untersuchte und bei 16,8% eine MRSA-Besiedlung nachwies.<sup>115</sup>

Rettungsdienstmitarbeiter aus den USA haben ein deutlich geringeres Risiko einer MRSA-Besiedlung als Notaufnahmepersonal. Von 136 untersuchten Personen des Rettungsdienstes der Stadt Norfolk, Virginia, wurde ein einziger Mitarbeiter MRSA-positiv getestet. Das entspricht einer Quote unter 1%, die derjenigen der Normalbevölkerung gleicht.<sup>116</sup> Zugleich spricht der Befund für große regionale Unterschiede.

Die amerikanischen Autoren Al Amiry et al wiesen 2013 unter 110 Rettungsdienstmitarbeitern 7 MRSA-Fälle nach, was 6,4 % entspricht.<sup>117</sup>

#### 6.4.2 Luftkeimuntersuchungen

Eine in dieser Arbeit und bisher im Rettungsdienst nicht bearbeitete Frage betrifft die Luftkeimbelastung beim Transport von im Nasen-Rachen-Raum MRSA-besiedelten Patienten.<sup>118</sup>

In der vorliegenden Arbeit wurden alle transportierten MRSA-Patienten mit Mundschutz versehen, was die Luftkeimbelastung im Patientenfahrtraum reduzierte. Der bekannt hohe Status von nicht erkannter MRSA-Besiedlung im Mund-Rachen-Raum kann jedoch zu einer hohen Luftkeimbelastung führen.

Gehanno et al beobachteten in ihrer Studie (2009) die Verbreitung lebensfähiger MRSA in die Luft durch Patienten mit MRSA-Infektion oder MRSA-Besiedlung der Atemwege und fanden keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Abstand vom Kopf des Patienten und der Höhe der Keimbelastung.<sup>119</sup>

Die Studie von Bischoff et al (2006) zeigte, dass es bei Patienten mit einer Erkältung durch einen Rhinovirus zu einer 4,7-fachen Luftkeimbelastung mit *S. aureus* beim Niesen kommt. Sie beläuft sich auf 2,83 CFU / m<sup>3</sup> / min.<sup>120</sup>

Auch wenn es keine klare Schwelle für die Luftinfektionsdosis von *S. aureus* gibt, so unterstreichen die vorliegenden Daten doch das Desiderat weiterer Untersuchungen im Hinblick auf Luftkeimbelastung im RTW / KTW, welcher das Rettungsdienstpersonal aufgrund des beengten Raumes ausgesetzt ist.

#### 6.4.3 Dienstkleidung

Die Untersuchung von Rettungsdienstpersonalwäsche in Dänemark zeigt eine klare Kontamination mit *S. aureus*. Bei 45 untersuchten Rettungsdienstuniformen wurde vor dem Waschen in Gruppe A bei 24,4 % und in Gruppe B bei 17,8% der Fälle *S. aureus* nachgewiesen. Auch diese Studie zeigt deutlich, dass die Einhaltung von Hygienevorschriften beim Waschen der Kleidung die Kontaminationsrate von *S. aureus* reduziert, nämlich von 24,4% auf 4,4% bei Gruppe A und von 17,8% auf 0% bei Gruppe B.<sup>121</sup>

#### 6.4.4 Umgebungskontaminationen

Umgebungskontaminationen stellen nur einen Surrogatparameter dar. Ungeklärt ist die Frage, welchen Einfluss unterschiedliche Hygieneregime auf die Übertragungs- und Infektionsrate im Rettungsdienst haben. Aufgrund der Komplexität solcher Studien ist mit ihrer Durchführung leider kaum zu rechnen.

## 7 Literatur

- 1 Appelbaum PC (2006) MRSA - the tip of the iceberg. *Clin Microbiol Infect* 2006 Apr; 12 Suppl 2:3-10
- 2 Rosenthal VD, Maki DG, Jamulitrat S et al (2010) International Nosocomial Infection Control Consortium (INICC) report, data summary for 2003-2008, issued June 2009. *Am J Infect Control* 38(2): 95–104.e2. doi: 10.1016/j.ajic.2009.12.004
- 3 Diekema DJ, Pfaller MA, Schmitz FJ et al and SENTRY Participants Group (2001) Survey of Infections Due to *Staphylococcus* species: Frequency of Occurrence and Antimicrobial Susceptibility of Isolates Collected in the United States, Canada, Latin America, Europe, and the Western Pacific Region for the SENTRY Antimicrobial Surveillance Program, 1997-1999. *Clin Infect Dis* 32 (Supplement 2): S114-S132. doi: 10.1086/320184
- 4 Cimolai N (2008) MRSA and the environment: implications for comprehensive control measures. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 27(7): 481-493. doi: 10.1007/s10096-008-0471-0
- 5 Tolba O, Loughrey A, Goldsmith CE et al (2007) Survival of epidemic strains of nosocomial- and community-acquired methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* on coins. *Am J Infect Control* 35(5): 342-346. doi: 10.1016/j.ajic.2006.10.015
- 6 Antimicrobial resistance surveillance in Europe 2012. Annual report of the European Antimicrobial Resistance Surveillance Network (EARS-Net)
- 7 The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters. Version 9.0, 2019. <http://www.eucast.org>
- 8 Ito T, Okuma K, Ma XX et al (2003) Insights on antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* from its whole genome: genomic island SCC. *Drug Resist Updat* 6(1): 41–52. doi: 10.1016/S1368-7646(03)00003-7
- 9 Mulligan ME, Murray-Leisure KA, Ribner BS et al (1993) Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: a consensus review of the microbiology, pathogenesis, and epidemiology with implications for prevention and management. *Am J Med* 94(3): 313-328. doi: 10.1016/0002-9343(93)90063-U
- 10 Lowy FD (1998) *Staphylococcus aureus* Infections. *N Engl J Med* 339(8): 520-532. doi: 10.1056/NEJM199808203390806
- 11 Lowy FD (2003) Antimicrobial resistance: the example of *Staphylococcus aureus*. *J Clin Invest* 111(9): 1265-1273. doi: 10.1172/JCI200318535
- 12 Benner EJ, Kayser FH (1968) Growing clinical significance of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Lancet* 2:741-744. doi 10.1016/s0140-6736 (68) 90947-1
- 13 Lyon BR, Skurray R (1987) Antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* genetic basis. *Microbiol Rev* 51(1): 88–134

- 14 Köck R, Mellmann A, Schaumburg F et al (2011) The Epidemiology of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in Germany. *Dtsch Arzte bl Int* 108 (45): 761-767. doi: 10.3238/arztebl.2011.0761
- 15 Kresken M, Hafner D, Witte W, Reinert R (PEG-Resistenzstudie 2007) Resistenzentwicklung bei Staphylokokken und anderen grampositiven Erregern gegenüber Chemotherapeutika im mitteleuropäischen Raum
- 16 Robert Koch-Institut (RKI) (Datenstand: 2012). <https://ars.rki.de>
- 17 Robert Koch-Institut (RKI) *Epidemiologisches Bulletin* 1. Februar 2018 / Nr. 5 Eigenschaften, Häufigkeit und Verbreitung von MRSA in Deutschland Update 2015/2016
- 18 Walter J et al (2017) Decline in the proportion of methicillin resistance among *Staphylococcus aureus* isolates from non-invasive samples and in outpatient settings, and changes in the co-resistance profiles: an analysis of data collected within the Antimicrobial Resistance Surveillance Network, Germany 2010 to 2015. *BMC Infect Dis* 17(1):169. doi:10.1186/s12879-017-2271-6
- 19 European Centre for Disease Prevention and Control. Healthcare-associated infections acquired in intensive care units (2018). ECDC. Annual epidemiological report for 2016. Stockholm
- 20 European Centre for Disease Prevention and Control. Surveillance of antimicrobial resistance in Europe - Annual Report of the European Antimicrobial Resistance Surveillance Network (EARS-Net) 2017. Stockholm: ECDC; 2018. Figure 3.25. URL: <https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/documents/EARS-Net-report-2017-update-jan-2019.pdf>
- 21 Voss A, Milatovic D, Wallrauch-Schwarz C et al (1994) Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in Europe. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 13(1): 50–55
- 22 Vincent JL (2000) Microbial resistance: lessons from EPIC study. *European Prevalence of Infection. Intensive Care Med* 26, Suppl 1: S3-8
- 23 Carlet J (2009) French national program for prevention of healthcare-associated infections and antimicrobial resistance 1992-2008: positive trends, but perseverance needed. *Infect Control Hosp Epidemiol* 30(8): 737-745 doi: 10.1086/598682
- 24 Jarlier V et al (2010) Curbing Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in 38 French Hospitals Through a 15-Year Institutional Control Program. *Arch Intern Med* 170(6): 552-559. doi: 10.1001/archinternmed.2010.32
- 25 Korczak D, Schöffmann Ch (2010) Medizinische Wirksamkeit und Kosten-Effektivität von Präventions- und Kontrollmaßnahmen gegen Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus* (MRSA)-Infektionen im Krankenhaus. *Therapie*. doi: 10.3205/hta000082L
- 26 Styers D, Sheehan DJ, Hogan P et al (2006) Laboratory-based surveillance of current antimicrobial patterns and trends among *Staphylococcus aureus*: 2005 status in the United States. *Ann Clin Microbiol Antimicrob* 5:2. doi: 10.1186/1476-0711-5-2

- 27 Taguchi H, Matsumoto T, Ishikawa H et al (2012) Prevalence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* based on culture and PCR in inpatients at a tertiary care center in Tokyo, Japan. *J Infect Chemother* 18(5): 630-636. doi: 10.1007/s10156-012-0385-8
- 28 Klevens RM, Edwards JR, Tenover FC et al (2006) Changes in the epidemiology of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in intensive care units in US hospitals, 1992-2003. *Clin Infect Dis* 42(3): 389–391
- 29 Greiner W, Rasch A, Köhler D et al (2007) Clinical outcome and costs of nosocomial and community-acquired *Staphylococcus aureus* bloodstream infection in haemodialysis patients. *Clin Microbiol Infect* 13(3): 264–268. doi: 10.1111/j.1469-0691.2006.01622
- 30 Ben-David D, Novikov I, Mermel LA (2009) Are There Differences in Hospital Cost Between Patients With Nosocomial Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Bloodstream Infection and Those With Methicillin-Susceptible *S. aureus* Bloodstream Infection? *Infect Control Hosp Epidemiol* 30(5): 453–460. doi: 10.1086/596731
- 31 Ott E, Bange F, Reichardt C et al (2010) Costs of nosocomial pneumonia caused by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *J Hosp Infect* 76(4): 300–303. doi: 10.1016/j.jhin.2010.07.007
- 32 Pittet D, Tarara D, Wenzel RP (1994) Nosocomial bloodstream infection in critically ill patients. Excess length of stay, extra costs, and attributable mortality. *JAMA* 271(20): 1598–1601
- 33 Beyersmann J, Gastmeier P, Grundmann H et al (2006) Use of Multistate Models to Assess Prolongation of Intensive Care Unit Stay Due to Nosocomial Infection. *Infect Control Hosp Epidemiol* 27(5): 493–499. doi: 10.1086/503375
- 34 Chaix C, Durand-Zaleski I, Alberti C et al (1999) Control of endemic methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*: a cost-benefit analysis in an intensive care unit. *JAMA* 282 (18): 1745–1751
- 35 Kluytmans J, van Belkum A, Verbrugh H (1997) Nasal carriage of *Staphylococcus aureus*: epidemiology, underlying mechanisms, and associated risks. *Clin Microbiol Rev* 10(3): 505–520
- 36 Geffers C, Sohr D, Gastmeier P (2008) Mortality Attributable to Hospital-Acquired Infections Among Surgical Patients. *Infect Control Hosp Epidemiol* 29(12): 1167–1170. doi: 10.1086/592410
- 37 Aranaz-Andrés JM, Aibar-Remón C, Vitaller-Murillo J et al (2008) Incidence of adverse events related to health care in Spain: results of the Spanish National Study of Adverse Events. *J Epidemiol Community Health* 62(12): 1022–1029. doi: 10.1136/jech.2007.065227
- 38 Köck R, Becker K, Cookson B et al (2010) Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA): burden of disease and control challenges in Europe. *Euro Surveill* 15(41): 19688
- 39 Geffers C, Gastmeier P et al (2011) Nosokomiale Infektionen und multiresistente Erreger in Deutschland. *Epidemiologische Daten aus dem Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System*. *Dtsch Arztebl Int* 108(6): 87–93. doi: 10.3238/arztebl.2011.0087

- 40 KISS Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (2009) Berechnungszeitraum: 1. Januar 2008 bis 31. Dezember 2008
- 41 Bartels MD, Boye K, Rhod Larsen A et al (2007) Rapid increase of genetically diverse methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, Copenhagen, Denmark. *Emerg Infect Dis* 13 (10): 1533–1540. doi: 10.3201/eid1310.070503
- 42 Friedrich AW (2009) Vernetzter Kampf gegen MRSA. *Pharmazeutische Zeitung online* (14)
- 43 Coello R, Glynn JR, Gaspar C et al (1997) Risk factors for developing clinical infection with methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) amongst hospital patients initially only colonized with MRSA. *J Hosp Infect* 37(1): 39-46. doi:10.1016/S0195-6701(97)90071-2
- 44 Robert Koch-Institut (RKI) *Epidemiologisches Bulletin* 42/2008. Kommentar zu den „Empfehlungen zur Prävention und Kontrolle von MRSA-Stämmen in Krankenhäusern und anderen medizinischen Einrichtungen“
- 45 Mielke M, Werner G, Pfeiffer Y et al (ca. 2011) Das Problem der nosokomialen Infektionen und Antibiotikaresistenz. Robert Koch-Institut (RKI)
- 46 Nübel U, Dordel J, Kurt K et al (2010) A Timescale for Evolution, Population Expansion, and Spatial Spread of an Emerging Clone of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. *PLoS Pathog* 6(4). doi: 10.1371/journal.ppat.1000855
- 47 Harris SR, Feil EJ, Holden, MT et al (2010) Evolution of MRSA During Hospital Transmission and Intercontinental Spread. *Science* 327(5964): 469-474. doi: 10.1126/science. 1182395
- 48 Witte W, Braulke C, Cuny C et al (2001) Changing Pattern of Antibiotic Resistance in Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* from German Hospitals. *Infect Control Hosp Epidemiol* 22(11): 683–686. doi: 10.1086/501845
- 49 Robert Koch-Institut (RKI) *Epidemiologisches Bulletin* 26/2011. Auftreten und Verbreitung von MRSA in Deutschland 2010
- 50 Robert Koch-Institut (RKI) *Epidemiologisches Bulletin* 5/2018, Eigenschaften, Häufigkeit und Verbreitung von MRSA in Deutschland. Update 2015/2016
- 51 Cookson BD, Robinson DA, Monk AB et al (2007) Evaluation of Molecular Typing Methods in Characterizing a European Collection of Epidemic Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Strains: the HARMONY Collection. *J Clin Microbiol* 45(6):1830-1837. doi: 10.1128/JCM.02402-06
- 52 Witte W, Cuny C, Klare I et al (2008) Emergence and spread of antibiotic-resistant Gram-positive bacterial pathogens. *Int J Med Microbiol* 298(5-6): 365-377. doi: 10.1016/j.ijmm.2007.10.005
- 53 Fridkin SK, Hageman JC, Morrison M et al (2005) Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Disease in Three Communities. *N Engl J Med* 352(14): 1436-1444
- 54 Layer F, Cuny C, Strommenger B et al (2012) Aktuelle Daten und Trends zu Methicillin-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA). *Bundesgesundheitsbl.* 55(11-12): 1377–1386. doi: 10.1007/s00103-012-1560-x
- 55 Barrett TW, Moran GJ (2004) Update on emerging infections: news from the Centers for Disease Control and Prevention. *Methicillin-resistant Staphylococ-*

- cus aureus infections among competitive sports participants - Colorado, Indiana, Pennsylvania, and Los Angeles County, 2000-2003. *Ann Emergency Med* 43(1): 45–47. doi: 10.1016/j.annemergmed.2003.10.007
- 56 Naimi TS, LeDell KH, Como-Sabetti K et al (2003) Comparison of community- and health care-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection. *JAMA* 290(22): 2976–2984
- 57 Purcell K, Fergie J (2005) Epidemic of Community-Acquired Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Infections. A 14-Year Study at Driscoll Children’s Hospital. *Arch Pediatr Adolesc Med* 159(10): 980–985
- 58 Creech CB, Kernodle DS, Alsentzer A et al (2005) Increasing Rates of Nasal Carriage of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in Healthy Children. *Pediatr Infect Dis J* 24(7): 617–621. doi: 10.1097/01.inf.0000168746.62226.a4
- 59 Tenover FC, Goering RV (2009) Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* strain USA300: origin and epidemiology. *J Antimicrob Chemother* 64(3): 441–446. doi: 10.1093/jac/dkp241
- 60 Ellington MJ, Perry C, Ganner M et al (2009) Clinical and molecular epidemiology of ciprofloxacin-susceptible MRSA encoding PVL in England and Wales. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 28(9): 1113–1121. doi: 10.1007/s10096-009-0757-x
- 61 Crum NF (2005) The emergence of severe, community-acquired methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infections. *Scand J Infect Dis* 37(9): 651–656. doi: 10.1080/00365540510033636
- 62 Skiest DJ, Brown K, Cooper TW et al (2007) Prospective comparison of methicillin-susceptible and methicillin-resistant community-associated *Staphylococcus aureus* infections in hospitalized patients. *J Infect* 54(5): 427–434. doi:10.1016/j.jinf.2006.09.012
- 63 Moran GJ, Krishnadasan A, Gorwitz RJ et al (2006) Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Infections among Patients in the Emergency Department. *N Engl J Med* 355(7): 666-674
- 64 DeLeo FR, Otto M, Kreiswirth BN et al (2010) Community-associated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Lancet* 375(9725): 1557-1568. doi: 10.1016/S0140-6736(09)61999-1
- 65 Liassine N, Auckenthaler R, Descombes M et al (2004) Community-Acquired Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Isolated in Switzerland Contains the Panton-Valentine Leukocidin or Exfoliative Toxin Genes. *J Clin Microbiol* 42(2): 825-828. doi: 10.1128/JCM. 42.2.825-828.2004
- 66 Oliveira DC, de Lencastre H (2002) Multiplex PCR Strategy for Rapid Identification of Structural Types and Variants of the mec Element in Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. *Antimicrob Agents Chemother* 46(7): 2155-2161. doi: 10.1128/AAC.46.7.2155-2161.2002
- 67 Ma XX, Ito T, Tiensasitorn C et al (2002) Novel Type of Staphylococcal Cassette Chromosome mec Identified in Community-Acquired Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Strains. *Antimicrob Agents Chemother* 46(4): 1147-1152. doi:10.1128/AAC.46.4.1147-1152.2002

- 68 Murray RJ, Robinson JO, White JN et al (2010) Community-Acquired Pneumonia Due to Pandemic A(H1N1)2009 Influenzavirus and Methicillin Resistant Staphylococcus aureus Co-Infection. PLoS One 5(1): e8705. doi: 10.1371/journal.pone.0008705
- 69 Carvalho KS, Vaz da Trindade N, Pinto Gontijo Filhom P (2012) Methicillin-resistant Staphylococcus aureus bloodstream infection: risk factors and clinical outcome in non-intensive-care units. Rev Soc Bras Med Trop 45(2): 189-193. doi: 10.1590/S0037-86822012000200010
- 70 Cosgrove SE, Qi Y, Kaye KS et al (2005) The Impact of Methicillin Resistance in Bacteremia on Patient Outcomes: Mortality, Length of Stay, and Hospital Charges. Infect Control Hosp Epidemiol 26(2): 166-174. doi: 10.1086/502522
- 71 Melzer M, Eykyn SJ, Gransden WR et al (2003) Is Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus More Virulent than Methicillin-Susceptible S. aureus? A Comparative Cohort Study of British Patients with Nosocomial Infection and Bacteremia. Clin Infect Dis 37(11): 1453-1460
- 72 Leonard FC, Markey BK (2008) Meticillin-resistant Staphylococcus aureus in animals: a review. Vet J 175(1): 27–36
- 73 Anon. Prudent use in animals, chapter 3. London, UK, House of Lords. Science and Technology - Seventh Report. [Resistance to antibiotics and other antimicrobial agents 3.14.1998] 1998
- 74 Catry B, Van Duijkeren E, Pomba MC et al (2010) Scientific Advisory Group on Antimicrobials (SAGAM) Reflection paper on MRSA in food-producing and companion animals: epidemiology and control options for human and animal health. Epidemiol Infect 138(5): 626–644. doi: 10.1017/S0950268810000014
- 75 Smith TC, Pearson N (2011) The emergence of Staphylococcus aureus ST398. Vector Borne Zoonotic Dis 11(4): 327–329. doi: 10.1089/vbz.2010.0072
- 76 Kehrenberg C, Cuny C, Strommenger B et al (2009) Methicillin-resistant and -susceptible Staphylococcus aureus strains of clonal lineages ST398 and ST9 from swine carry the multidrug resistance gene cfr. Antimicrob Agents Chemother 53(2): 779-781. doi: 10.1128/AAC.01376-08
- 77 Robert Koch-Institut (RKI) Epidemiologisches Bulletin 4. Juli 2011 / Nr. 26. Auftreten und Verbreitung von MRSA in Deutschland 2010
- 78 Köck R, Schaumburg F, Mellmann A et al (2013): Livestock-associated methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA) as causes of human infection and colonization in Germany. PLoS One 8(2):e55040. doi: 10.1371/journal.pone.0055040
- 79 Erpelding H (2007) Methicillinresistenter Staphylococcus aureus (MRSA). Evaluation der Rahmenbedingungen und Risiken im Umgang sowie Auswirkungen gegenwärtiger Konzepte, insbesondere unter rettungsdienstlichen Aspekten. Bachelorarbeit Fachhochschule Köln, Studiengang Rescue-Engineering
- 80 Lukas RP, Keppler, PA, Brinkrolf P et al (2015) Übertragungsrisiko von MRSA auf Kontaktflächen im Krankentransport. Risk of Transmission of MRSA on Contact Surfaces in Ambulance. Notarzt 31(05): 234-238. doi: 10.1055/s-0035-1552645

- 81 Wildermuth S (2014) Keimbelastung von Oberflächen im Rettungsdienst. Medizinische Fakultät der Universität Ulm. Diss. 2013
- 82 Pitten FA, Vogel U, Sefrin P (Stand 10.11.09) Rahmenplan Hygiene für den Rettungsdienst Bayern
- 83 Ro YS, Shin SD, Noh et al (2012) Prevalence of positive carriage of tuberculosis, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and vancomycin-resistant Enterococci in patients transported by ambulance: a single center observational study. *J Prev Med Public Health*. 45(3):174-80. doi: 10.3961/jpmph.2012.45.3.174
- 84 Rago JV, Buhs LK, Makarovaite V et al (2012) Detection and analysis of *S. S. aureus* isolates found in ambulances in the Chicago metropolitan area. *Am J Infect Control* 40(3): 201–205. doi: 10.1016/j.ajic.2011.08.021
- 85 Brown R, Minnon J, Schneider S et al (2010) Prevalence of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in Ambulances in Southern Maine. *Prehosp Emerg Care* 14(2): 176–181. doi: 10.3109/10903120903564480
- 86 Roline CE, Crumpecker C, Dunn TM (2007) Can Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* Be Found in an Ambulance Fleet? *Prehosp Emerg Care* 11(2): 241-244. doi: 10.1080/10903120701205 125
- 87 Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut; Empfehlungen zur Prävention und Kontrolle von Methicillinresistenten *Staphylococcus aureus*-Stämmen (MRSA) in medizinischen und pflegerischen Einrichtungen. *Bundesgesundheitsbl* 2014 (57): 696-732. doi: 10.1007/s00103-014-1980-x
- 88 Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M et al (2007) Management of multidrug-resistant organisms in health care settings, 2006. *Am J Infect Control* 35(10 Suppl 2): S165-193. doi: 10.1016/j.ajic.2007.10.006
- 89 Bracco D, Dubois M, Bouali R et al (2007) Single rooms may help to prevent nosocomial bloodstream infection and cross-transmission of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in intensive care units. *Intensive Care Med* 33(5): 836–840. doi: 10.1007/s00134-007-0559-5
- 90 LARE Empfehlungen zum Screening auf MRSA Stand 24.2.2015
- 91 <http://www.mrsa-net.org/DE/externeTexte/RKI.html#kh>
- 92 Chaberny IF, Wriggers A, Behnke M et al (2010) Antibiotics: MRSA Prevention Measures in German Hospitals. *Dtsch Arztebl Int* 107(37): 631-637 10.3238/arztebl.2010.0631
- 93 Stürenburg E (2009) Rapid detection of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* directly from clinical samples: methods, effectiveness and cost considerations. *GMS Ger Med Sci* (7: Doc06). doi: 10.3205% 2F000065
- 94 LandesArbeitsgemeinschaft MultiResistente Erreger (LARE) (2011) LARE-Merkblatt Empfehlungen zur Sanierung von Patienten mit MRSA-Nachweis
- 95 Richtlinie für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention. Anforderungen der Hygiene an den Krankentransport einschließlich Rettungstransport in Krankenkraftwagen. Anlage zu Ziffer 4.5.3 der „Richtlinie für die Erkennung, Verhütung und Bekämpfung von Krankenhausinfektionen.“ (1989)

- 96 S1-Leitlinie: Hygienemaßnahmen beim Patiententransport (2013)
- 97 Bundesverband der Unfallkassen (2005) GUV-R 2106 - GUV-Regel "Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen im Rettungsdienst"
- 98 Bundesverband der Unfallkassen (2004) GUV-R 250 - GUV-Regel "Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege"
- 99 Desinfektionsmittel-Kommission im Verbund für Angewandte Hygiene (VAH) e.V. (2013) Desinfektionsmittelliste des VAH
- 100 Robert Koch-Institut (RKI) (2013) Liste der vom Robert Koch-Institut geprüften und anerkannten Desinfektionsmittel und -verfahren. Bundesgesundheitsbl. 56(12): 1706–1728. doi: 10.1007/s00103-013-1863-6
- 101 Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit Biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung - BioStoffV) (2013)
- 102 Rahmenhygieneplan für Rettungs- und Krankentransport (2011) Länder-Arbeitskreis zur Erstellung von Hygieneplänen nach § 36 IfSG
- 103 Arbeitsergebnisse der AG Patiententransport der Bayerischen Landesarbeitsgemeinschaft multiresistente Erreger; Grundsätze und praktische Empfehlungen zum Hygienemanagement im Rettungsdienst und Krankentransport in Bayern (2015) Umweltmed – Hygiene – Arbeitsmed 20(6): 287-296
- 104 Harmsen D, Claus H, Witte W et al (2003) Typing of Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* in a University Hospital Setting by Using Novel Software for spa Repeat Determination and Database Management. J Clin Microbiol 41(12): 5442-5448
- 105 Grundmann H, Aires-de-Sousa M, Boyce J et al (2006) Emergence and resurgence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* as a public-health threat. Lancet 368(9538): 874–885. doi: 10.1016/S0140-6736(06)68853-3
- 106 Shiomori T, Miyamoto H, Makishima K et al (2002) Evaluation of bedmaking-related airborne and surface methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* contamination. J Hosp Infect 50(1): 30-35. doi: 10.1053/jhin.2001.1136
- 107 Gehanno J, Louvel A, Nouvellon M et al (2009) Aerial dispersal of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in hospital rooms by infected or colonised patients. J Hosp Infect 71(3): 256-262. doi: 10.1016/j.jhin.2008.11.015
- 108 Oie S, Yanagi Ch, Matsui H et al (2005) Contamination of Environmental Surfaces by *Staphylococcus aureus* in a Dermatological Ward and Its Preventive Measures. Biol Pharm Bull 28(1): 120-123
- 109 Embil JM, McLeod JA, Al-Barrak AM et al (2001) An outbreak of methicillin resistant *Staphylococcus aureus* on a burn unit: potential role of contaminated hydrotherapy equipment. Burns 27(7): 681–688. doi: 10.1016/S0305-4179(01)00045-6
- 110 Valdez MK, Sexton JD, Lutz EA et al (2015) Spread of infectious microbes during emergency medical response. Am J Infect Control 43(6): 606-611. doi: 10.1016/j.ajic.2015.02.025
- 111 Nigam Y, Cutter J (2003) A preliminary investigation into bacterial contamination of Welsh emergency ambulances. Emerg Med J 20(5): 479-482

- 112 Robert Koch-Institut (RKI) Epidemiologisches Bulletin 36/2008. Kontrolle der Weiterverbreitung von MRSA-Personal im Gesundheitsdienst als Carrier (36/2008)
- 113 Graham PL 3rd, Lin SX, Larson EL (2006) Population-Based Survey of Staphylococcus aureus Colonization. *Ann Intern Med* 144(5):318-325
- 114 Albrich WC, Harbarth S. (2008) Health-care workers: source, vector, or victim of MRSA? *Lancet Infect Dis* 8(5): 289-301. doi: 10.1016/S1473-3099(08)70097-5
- 115 Bisaga A, Paquette K, Sabatini L et al (2008) A prevalence study of methicillin-resistant Staphylococcus aureus colonization in emergency department health care workers. *Ann Emerg Med*: 52(5): 525-528. doi: 10.1016/j.annemergmed.2008.03.019
- 116 Knapp BJ, Tsuchitani SN (2011) Prevalence of methicillin-resistant Staphylococcus aureus colonization in emergency medical service providers. *Am J Emerg Med* 29(8): 957-958. doi: 10.1016/j.ajem.2011.05.024
- 117 Al Amiry A, Bissell RA, Maguire BJ et al (2013) Methicillin-resistant Staphylococcus aureus nasal colonization prevalence among Emergency Medical Services personnel. *Prehosp Disaster Med* 28(4): 348–352. doi: 10.1017/S1049023X13003476
- 118 Suffoletto BP, Cannon EH, Ilkhanipour K et al (2008) Prevalence of Staphylococcus aureus nasal colonization in emergency department personnel. *Ann Emerg Med* 52(5): 529-533. doi: 10.1016/j.annemergmed.2008.03.020
- 119 Gehanno JF, Louvel A, Nouvellon M et al (2009) Aerial dispersal of methicillin-resistant Staphylococcus aureus in hospital rooms by infected or colonised patients. *J Hosp Infect* 71(3): 256-262. doi: 10.1016/j.jhin.2008.11.015
- 120 Bischoff WE, Wallis ML, Tucker BK et al (2006) "Gesundheit!" Sneezing, Common Colds, Allergies, and Staphylococcus aureus Dispersion. *J Infect Dis* 194(8): 1119-1126
- 121 Vikke H, Giebner M (2015) UniStatus - a cross-sectional study on the contamination of uniforms in the Danish ambulance service. *BMC Res Notes* 8 [95]. doi: 10.1186/s13104-015-1057-4

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht in: Eibicht SJ, Vogel U (2011) Meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) contamination of ambulance cars after short term transport of MRSA-colonised patients is restricted to the stretcher. *J Hosp Infect* 78(3) 221-225

## 8 Danksagungen

Es ist mir ein Bedürfnis, mich bei allen zu bedanken, die mich bei den praktischen Arbeiten, den Abklatschuntersuchungen und Labortätigkeiten sowie beim Schreiben dieser Arbeit unterstützt haben.

Besonderen Dank schulde ich meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. med. Ulrich Vogel, der mir über die gesamte Abfassungszeit hinweg mit Rat und Tat zur Seite stand und entscheidenden Anteil daran hatte, dass die Arbeit in der Hygiene und Mikrobiologie richtig Spaß machte.

Dem Vorstand des Institutes für Hygiene und Mikrobiologie der Universität Würzburg, Herrn Prof. Dr. med. Matthias Frosch, verdanke ich die Nutzung der Räume und Ausstattung des Instituts.

Frau Evelyn Spachholz leistete in ihrer Funktion als medizinisch-technische Assistentin wesentliche Hilfe bei den Laboruntersuchungen.

Den Rettungsdienstmitarbeitern der Hilfsorganisationen für Stadt und Landkreis Würzburg (Bayerisches Rotes Kreuz, Johanniter Hilfsdienst und Malteser) sowie den Mitarbeitern der Integrierten Leitstelle Würzburg sage ich ein herzliches Dankeschön für Hilfe und Unterstützung.

## 9 Lebenslauf

---

Sebastian Johannes Eibicht