



Antibakterielle Eigenschaften von Kupfer

Sonderdruck aus dem Tagungsband des
1. Deutsches Forum Innenraumhygiene

Veranstalter:
Fachverband SHK Nordrhein-Westfalen
Graf-Adolf-Straße 12
40212 Düsseldorf

Autoren:
Dr. Klaus Ockenfeld, Dr. A. Klassert

Deutsches Kupferinstitut Berufsverband e. V.
Am Bonnhof 5
40474 Düsseldorf
Tel.: 0211-4796 324
Fax: 0211-4796 310

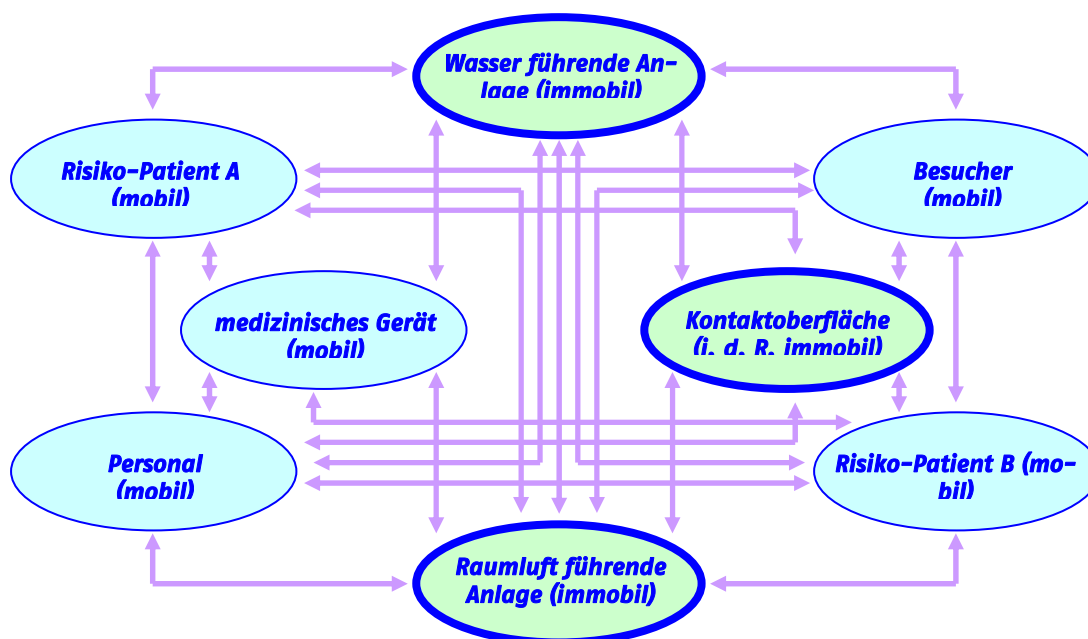
Einleitung

Die Kupferapplikation zur Infektions- oder Trinkwasserbehandlung gilt für viele bedeutende Weltkulturen als nachgewiesen [1, 2, 3], seit dem dritten Jahrtausend vor Christus sind die medizinischen Nutzen bringenden Charakteristika stark kupferhaltiger Stoffgemenge schriftlich belegt [1]. Vor dem Hintergrund der unverändert hohen Rate nosokomialer Infektionen (NI) in Gesundheitsvorsorgeeinrichtungen der entwickelten Staaten sollten diese antimikrobiellen Eigenschaften in Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen durch die Aus-

stattung von Kontaktoberflächen mit massiven kupferhaltiger Legierungen genutzt werden. In Akutkliniken werden 5-10% der infektbedingten Erkrankungen als krankenhausbürtig erachtet [4]. Auslöser sind oftmals Haut bewohnende und für den gesunden Menschen harmlose Bakterien, die aber insbesondere bei immun geschwächten Patienten negativ in Erscheinung treten. Via Wundöffnungen oder invasiv chirurgisches Instrumentarium können sie zu normalerweise unbesiedelten Bereichen des Körpers vordrin-

gen und dort ihre pathogenen Eigenschaften entfalten. Die Krankenhaus- und Pflegeheimumgebung fördert das Infektionsrisiko durch das häufige Zusammentreffen direkter und indirekter Keim-Überträger mit einer erhöhten Zahl abwehrgeschwächter und/oder verletzter Personen auf engem Raum. Abbildung (Abb.) 1 zeigt schematisch die bedeutsamsten Pfade der Erreger-Übertragung durch Keimvehikel wie Personen, Luft oder Wasser führende Anlagen und/oder häufig berührte Ausstattungsgegenstände.

Abb.1: Schema zu bedeutsamen Keimübertragungswegen in Krankenhäusern oder Pflegeheimen. Die in beide Richtungen weisenden Pfeile zeigen die gegenseitig mögliche Kontamination. Dick umrandete Flächen signalisieren überwiegend immobile Vehikel.



Hochfrequentierte Kontaktoberflächen stellen hierbei in der Regel immobile (Sanitäreinrichtungen, Türklinken, Lichtschalter etc.) oder begrenzt häufig

bewegte Gegenstände (z. B. Patientenbetten) dar, die im Vergleich zu mobilen Vehikeln seltener gereinigt oder desinfiziert werden können. Die Ausstat-

tung solcher Gegenstände mit dauerhaft antimikrobiellen Kupferwerkstoffen kann zur deutlichen Reduktion der Keimstreuung beitragen.

Situationsanalyse

Die Zahl krankenhausbürtiger Infektionsereignisse wird für Deutschland derzeit mit ca. 500.000 bis 800.000 jährlich veranschlagt [5]. Für Europa rechnet das ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control) mit etwa 3.000.000 solcher Vorkommnisse [6], die als wichtigste Komplikationen medizinischer Behandlungen betrachtet werden [4, 7]. Als direkte Folge von Wundinfektionen, Pneumonien, Sepsis-Fällen oder Harnwegsinfektionen verlängern sich die Behandlungs- und Liegezeiten oftmals um mehr als 10 Tage [8, 9, 10], es kommt zu einer Vielzahl schwerer Folgeschäden und etwa 50.000 hierdurch verursachter Todesfälle pro Jahr in Europa [6]. Neben dem Schicksal direkt betroffener Patienten stehen indirekte Beeinträchtigungen des Logistik- und Finanzwesens der einzelnen Häuser und somit auch des gesamten Gesundheitswesens. So blockieren ver-

längerte Liegezeiten die Aufnahme neuer Patienten und erhöhen die patientenspezifischen personellen und finanziellen Aufwendungen. Italienische Untersuchungen beziffern die Gesamtkosten nosokomialer Sepsiskämien beispielsweise auf 16.356 €/Fall bei einer notwendigen Aufstockung der Liegezeiten um 13-15 Tage [11].

Von den wichtigsten Ursachen für die nach wie vor hohe Zahl von NI,

- dem demographiebedingter Anstieg des Anteils immun supprimierter Patienten,
- dem umfangreicher werden den invasiv chirurgischen Instrumentarium und
- der Ausbreitung und Neuentwicklung bakterieller Resistenzen gegenüber Antibiotika

gilt letztgenannte als dramatischste Entwicklung, welche die

Vermeidung und/oder Behandlung von Infektionen zunehmend schwierig macht. Heute sind etwa 70 Prozent aller Bakterien, die Infektionen in Krankenhäusern verursachen, gegen mindestens ein Antibiotikum resistent [12]. MRSA (Methicillin resistente Staphylococcus aureus) verursachen weltweit die meisten komplikationsbehafteten nosokomialen Infektionen und gelten gerade im Zusammenhang mit der Antibiotika Resistenz entsprechend als Inbegriff der Hospitalkeime. Sehr häufig treten MRSA in multiresistenter Form auf. Tabelle 1 (Tab 1) gibt einen länderbezogenen Überblick über den prozentualen Anteil von MRSA an allen invasiven S. aureus Isolaten, die dem EARSS (European Antimicrobial Resistance Surveillance System) seitens europäischer Kliniken für das Jahr 2005 gemeldet wurden [13].

Tab.1: Anteile von MRSA an der Gesamtheit der invasiven S. aureus Isolate aus Krankenhäusern Europas (%). In die Statistik fließen nur Daten jener Länder ein, die mindestens 20 Isolate pro Jahr für mindestens 3 Jahre gemeldet hatten. Quelle: EARSS-Jahresbericht 2005 [13]

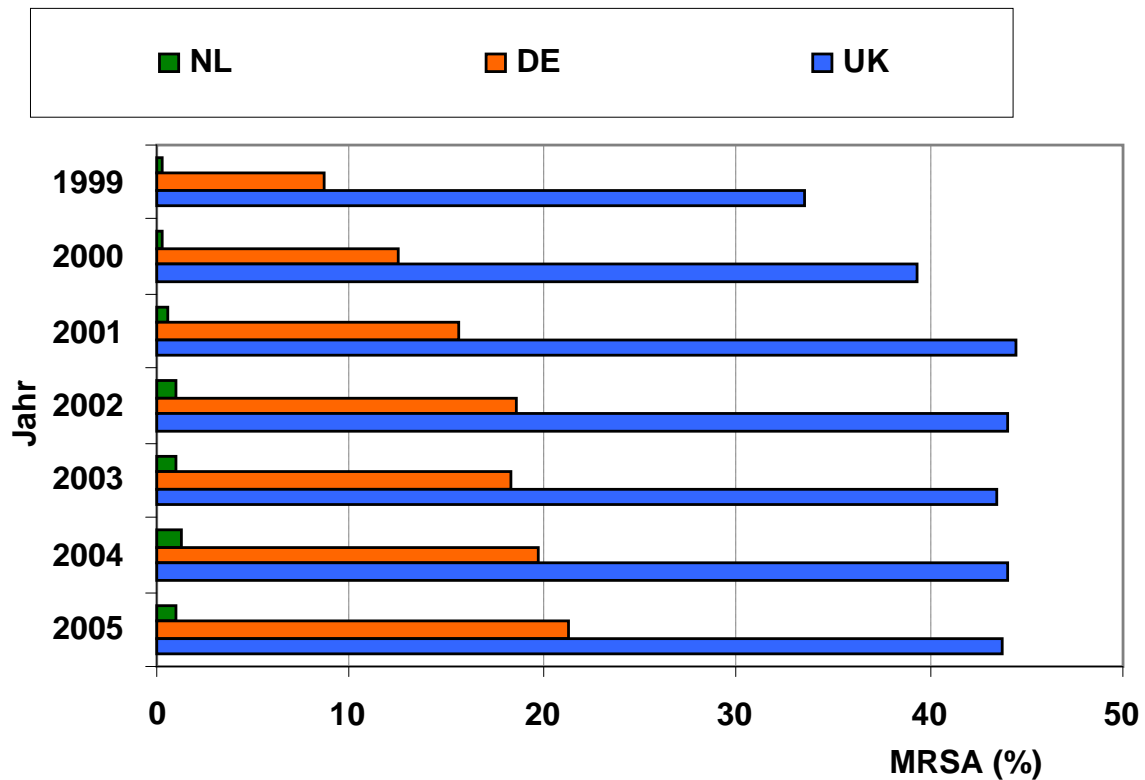
Anteil MRSA an allen invasiven S. aureus-Isolaten (%)	Betroffene Länder im Jahre 2005
< 3	IS, NO, NL, SE, DK, EE, FI
3 bis < 10	
10 bis < 20	SI, CZ, LU, AT, SK, HU
20 bis < 30	DE, PL, ES, FR
30 bis < 40	BE, IT, HR
40 bis < 50	IL, IE, GR, UK, PT
50 bis < 60	MT, CY
> 60	RO

Abbildung 2 stellt die Entwicklung der MRSA Prävalenz im

Zeitraum 1999 bis 2005 exemplarisch für die Niederland (NL),

Deutschland (DE) und das Vereinigte Königreich (UK) dar.

Abb.2: Prozentualer Anteil Methicillin resistenter *S. aureus* (MRSA) an der Gesamtheit aller invasiven *S. aureus* Isolate für die Niederlande (NL), Deutschland (DE) und das Vereinigte Königreich (UK). Datengrundlage: EARSS Jahresbericht 2005 [13].



Lösungsansätze in Europa

Im Kampf gegen die zügige Ausbreitung resistenter Erreger müssen Möglichkeiten und Grenzen unterschiedlicher Verfahren beachtet werden. So stellt die Entwicklung neuer Antibiotika bei näherer Betrachtung keine dauerhafte Lösung dar. Es besteht auf wissenschaftlicher Ebene kein Zweifel daran, dass die Resistenzentwicklung auch durch den viel zu umfangreichen Einsatz von Präparaten in Human- und Tiermedizin gefördert und beschleunigt [12,14], die Halbwertszeit potenziell wirksamer neuer Stoffe immer geringer wird. Notwendige Restriktionen zum Einsatz bekannter Stoffe einerseits und die Unsicherheit des Absatzmarktes möglicher neuer Antibiotika andererseits stehen den hohen Forschungsaufwendungen entgegen und bergen ein entsprechend hohes Investitionsrisiko für die Pharmaindustrie.

Derzeit werden in Deutschland und anderen EU-Staaten umfangreiche Strategien verfolgt, denen nordeuropäische Vorgehensweisen als Vorbild dienen. Die Niederlande (NL), Dänemark (DK) sowie einige skandinavischen Ländern hatten sehr zeitnah auf das Phänomen MRSA reagiert, weisen heute die für Europa geringsten MRSA Prävalenzraten auf und sorgen für

einen deutlichen Nord-Süd-Gradienten in Europa (siehe Tab. 1).

Kernpunkte der dortigen Vorgehensweise sind neben den Beschränkungen des Antibiotika-Einsatzes vor allem die strenge Umsetzungen von Hygienemaßnahmen, das konsequente Eingangsscreening aller Risikopatienten sowie deren Kontaktisolation bis zum Negativ-Nachweis der Körperbesiedlung mit entsprechenden Keimen bzw. die erfolgreiche Dekolonisation. Teilweise erfolgt auch die vorübergehende Schließung ganzer Stationen für Neuaufnahmen [15].

Bis auf Stationsschließungen ähnelt die vom Robert-Koch-Institut (RKI) für Deutschland empfohlene 4-Säulen Strategie diesem zunächst erfolgversprechenden Maßnahmenkomplex [16]. Sie wird auf Fachebene dennoch unterschiedlich bewertet, da

- sich trotz niedriger MRSA Raten eine teils enorm steigende Tendenz auch für die NL, DK und Finnland (FI) für den Zeitraum 1999–2005 abzeichnet (NL: 0,34 auf 0,93%; DK: 0,28 auf 1,7%; FI: 0,95 auf 2,91%), und
- Deutschland gegenwärtig eine mittlere MRSA Prävalenzrate

von > 20% aufweist und viele Häuser bei generellem Screening und ggfls. Isolierung personell, logistisch und finanziell an die Grenzen der Funktionsfähigkeit stoßen würden.

Daher müssen hier klinikspezifische oder gar abteilungsspezifische Machbarkeitsanalysen durchgeführt und die jeweils prioritären Vorgehensweisen umgesetzt werden.

Insbesondere die Desinfektion von Oberflächen als eine unverzichtbar wichtige Hygienemaßnahme muss regelmäßig, kann aufgrund des hohen personellen Aufwandes aber nicht beliebig häufig am Tage durchgeführt werden. Die Zwischenzeiten ermöglichen aber die Neukontamination insbesondere häufig berührter Oberflächen und halten somit die Gefahr der Übertragung infektiöser Erreger aufrecht. Ergänzend zu den von Haus zu Haus unterschiedlich stark umgesetzten Empfehlungen des Robert-Koch-Institutes sollten hoch frequentierte Kontaktoberflächen daher mit langfristig antimikrobiellen Materialien ausgestattet und als 5te Säule im Kampf gegen die MRSA Ausbreitung herangezogen werden.

Untersuchungen an Kupferwerkstoffen

Jüngere Forschungsarbeiten der Copper Development Association (CDA) in den USA zeigen, dass die antibakterielle Effizienz massiver Legierungen mit dem Gehalt an Kupfer zunimmt und eine sehr schnelle und hohe Reduktion nachweisbarer Kolonie bildender Einheiten (CBU - colony building units) ab einem Cu-Anteil von 65 % eintritt [17]. Auf diese Resultate aufbauend, werden für seitens des DKI

(Deutsches Kupferinstitut) initiierte und am Hygieneinstitutes der Universität Bonn durchgeführte Untersuchungen reines Kupfer sowie mehrere Kupferlegierungen (Kupferanteil > 70%) hinsichtlich ihrer antimikrobiellen Wirksamkeit im Vergleich zu Edelstahl getestet. Grundlage der Vorgehensweise ist der in Europa weit verbreitete und sich im ISO-Aufnahmeverfahren befindliche Japanische Test-

Standard JIS Z 2801 zur Evaluierung der antimikrobiellen Aktivität und Wirksamkeit fester Materialien [18]. Hierbei werden Testkörper des zu begutachtenden Materials mit Testorganismen beimpft und die Keimreduktion nach Ablauf einer definierten Zeit bestimmt. Die wichtigsten Randbedingungen des Testverfahrens finden sich in Tab. 2.

Tab 2: wichtigste Randbedingungen des JIS Z 2801

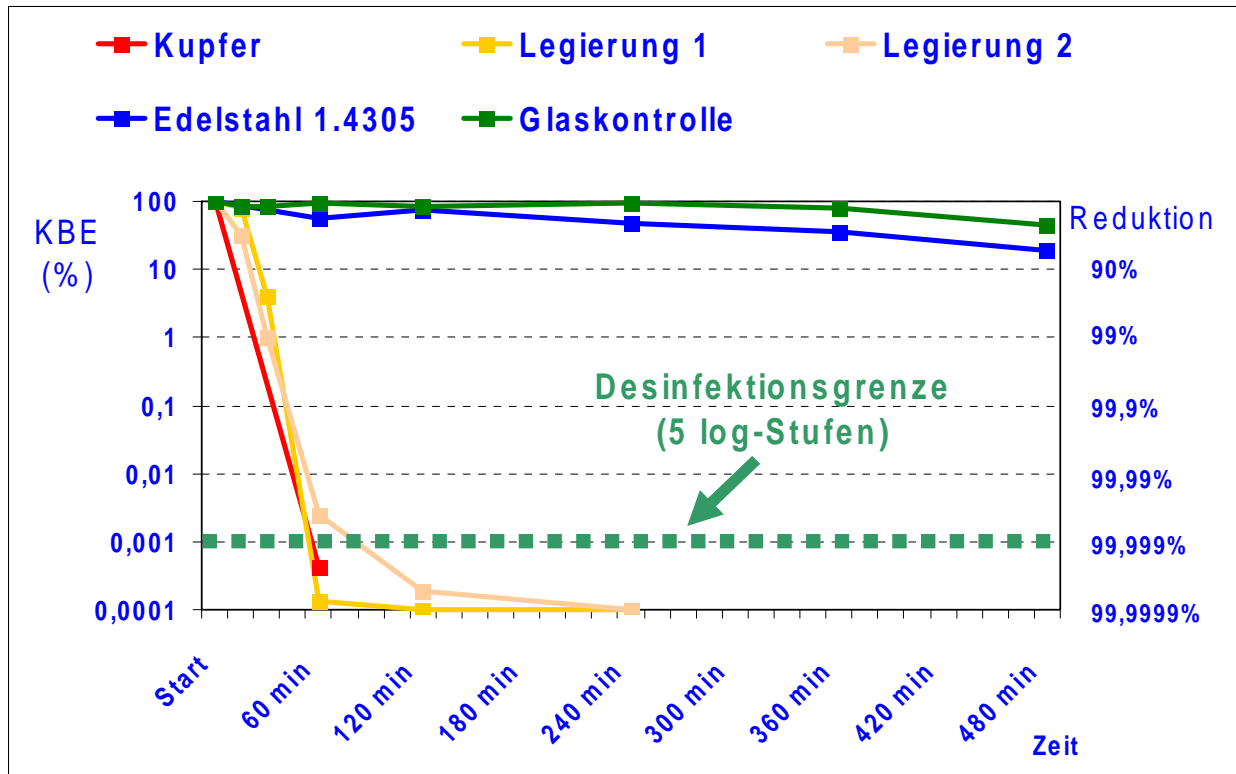
Kultur- Medium, Nährstoff-Agar	Rindfleischextrakt, Pepton, NaCl, pH: 7 -7,2
Vorinkubation der Bakterien	35°C für 16 bis 24 Stunden
Test Inokulum	2,5 bis 10x 10 ⁵ Zellen/ml
Bestückung Testmaterial	<ul style="list-style-type: none"> * Aufgabe von 0,4 ml des Test Inokulums, * Bedeckung mit Film (bestmöglicher Direktkontakt Zellen-Material), * 35°C, (physiologisches Optimum, Vermeidung Stoffwechsel limitierender Temperaturen) * relative Luftfeuchte nicht geringer als 90% (Vermeidung des Zelltodes durch Austrocknung)

Der JIS Z 2801 schreibt eine Versuchsdauer von 24 Stunden vor, da das Verfahren auch zur Überprüfung nur schwach toxischer Materialien herangezogen wird, deren entsprechende Eigenschaften sich erst nach längerer Kontaktzeit nachweisen lässt. Für unsere Untersuchungen werden kürzere Zeiten gewählt, um dem Anspruch der

potenziellen Applikation in Krankenhäusern gerecht zu werden. Getestet wird mit Staphylococcus aureus ATCC 6538, einem nicht resistenten, aber MRSA adäquaten Stamm der American Type Culture Collection. Erste Ergebnisse werden in Abb. 3 dargestellt und zeigen, dass der Kontakt der verwendeten

Keime mit kupferhaltigen Werkstoffen innerhalb kurzer Zeit zur vollständigen Reduktion Kolonie bildender Einheiten (KBE) führt. Die entsprechenden Reduktionsfaktoren (> 5 log-Stufen) entsprechen den Anforderungen einer Desinfektionsmaßnahme.

Abb. 3: Ergebnisse zur Einwirkung unterschiedlicher Werkstoffe auf die Zahl Kolonie bildender Einheiten (KBE) nach dem JIS Z 2801- Verfahren



Diskussion und Ausblick

Da Kupfer als essenzielles Element in allen Zellen eine Vielfalt von Stoffwechselprozessen steuert, bestehen auch viele Möglichkeiten der Zell-Inaktivierung bei einer Überfrachtung bakterieller Organismen mit Kupfer-Ionen. Auf wissenschaftlicher Ebene werden entsprechend viele Mechanismen diskutiert, deren weitere Ausführung nicht Thema des vorliegenden Papiers sein kann. Mehr Informationen hierzu finden sich in weiterführender Literatur [17, 19, 20, 21, 22]. Blankes Kupfer würde entsprechend die schnellste und effektivste Reduktion ermöglichen, in seiner Reinform ist dieser Werkstoff für die angestrebten Applikationen jedoch zu weich. In massiver Form verarbeitet,

stellen bestimmte Kupferlegierungen hingegen die geeignete Lösung für die Ausstattung von Kontaktflächen mit antimikrobiellem Material in Krankenhäusern und Pflegeheimen dar.

Im Gegensatz zu einfachen Beschichtungen mit bioziden Inhaltsstoffen bilden sie ein unerschöpfliches Reservoir für die hochwirksamen Cu-Ionen und weisen einen entsprechend nachhaltigen Charakter auf. Dieser geht auch im Falle nutzungsbedingter Verletzungen der Oberflächenschicht nicht verloren, welche bei in Kliniken häufig verwendeten anderen metallischen oder nichtmetallischen Materialien als effektive Rückzugsmöglichkeit für Bakterien fungieren. Aufgetragene an-

tibakterielle Schichten sind im besten Falle also nur vorübergehend wirksam und bergen ein hohes zusätzliches Risiko.

Neben Türdrückern, Lichtschaltern, Wandverkleidungen und anderem Interieur stellen auch einige Medizinprodukte häufig frequentierte Kontaktflächen dar, die von Klinikpersonal und Besuchern berührt werden. Ebenso gelten Waschräume und Toiletten als mögliche Keimlager- und Übertragungsquellen. Die Verarbeitung kupferhaltiger Werkstoffe in solchen Ausrüstungsgegenständen kann einen wesentlichen Beitrag zur Unterbindung der *MRSA* Streuung leisten.

Literatur

- [1] J. H. Breasted: The Edwin Smith Surgical Papyrus. The University of Chicago Press, Chicago, 1930.
- [2] H. H. A. Dollwet, J. R. J. Sorenson: Historic uses of copper compounds in medicine. Trade elements in medicine, Vol. 2, No. 2: 80–87, 1985.
- [3] E. W. Emmart: The Badanius Manuscript (Codex Barberini, Latin 241). The Johns Hopkins Press, Baltimore, 1940.
- [4] V. Hingst, A. Kramer, M. Exner: Bündelung der Expertise der hygienisch-medizinischen Fachgesellschaften zur Prävention und Kontrolle nosokomialer Infektionen. Zur Gründung des Verbundes angewandter Hygiene (VAH e.V.i.G). Hyg Med 29 Jahrgang 2004 – Heft 1(2).
- [5] Robert Koch Institut (Hrsg.): Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Heft 8 – Nosokomiale Infektionen, 2002.
- [6] European Centre for Disease Prevention and Control (Hrsg.): The First European Communicable Disease Epidemiological Report, Stockholm 2007.
- [7] J. P. Burke: Infection control – a problem for patients safety. N Engl J Med 348: 651–656, 2003.
- [8] T. E. Kamp–Hopmans, H. E. Blok, A. Troelstra, A. C. Gigengack–Baars, A. J. Weersink, C. M. Vandendbrouck–Grauls, J. Verhoef, E. M. Mascini: Surveillance for Hospital–Acquired Infections on Surgical Wards in a Dutch University Hospital. Infect Control Hospital Edidemiol 24: 584–590, 2003.
- [9] I. Kappstein: Surveillance nosokomialer Infektionen. Krankenhaushygiene up2date 2: 117–132, 2006.
- [10] F. Kipp, A. W. Friedrich, K. Becker, C. v. Eiff, C.v.: Bedrohliche Zunahme Methicillin resistenter Staphylococcus aureus– Stämme: Strategien zur Kontrolle und Prävention in Deutschland. Deutsches Ärzteblatt 101, Ausgabe 28–2, Seite A–2045 / B–1708 / C–1640, 2004.
- [11] G. B. Orsi, L. D. Stefano, N. Noah: Hospital–Acquired Laboratory–confirmed bloodstream infections: Increased Hospital Stay and Direct Costs. Infect Control Hosp Epidem 23: 190–197, 2002.
- [12] .GSF–Forschungszentrum: Gestresste Bakterien– zu viel Antibiotika in der Umwelt. Mensch und Umwelt, Heft 2, 2006.
- [13] European Antimicrobial Resistance Surveillance System: EARSS Annual Report 2005. 147 pp.
- [14] R. Alexy: Antibiotika in der aquatischen Umwelt: Eintrag, Elimination und Wirkung auf Bakterien. Dissertation. Albert–Universität Freiburg, 2003.
- [15] R. Schulze–Röbbecke: Isolierung infektiöser Patienten – auf die Übertragungswege kommt es an. Krankenhaushygiene up2date 2: 97–116, 2006.
- [16].Robert Koch Institut: Epidemiologisches Bulletin Nr. 5, 2005.
- [17] H. T. Michels, S. A. Wilks, J. O. Noyce, C. W. Keevil: Copper Alloys for Human Infectious Disease Control. Presented at Materials Sciences and Technology Conference, September 25–28, Pittsburgh, PA, Copper for the 21st Century Symposium, 2005.
- [18] JIS Japanese Industrial Standard: JIS Z 2801 Antimicrobial products – Test for antimicrobial activity and efficacy, 2000.
- [19] DKI Informationsdruck: Kupfer und Kupferwerkstoffe – ein Beitrag zur öffentlichen Gesundheitsfürsorge. HRSG: Deutsches Kupferinstitut, Düsseldorf, 1997.
- [20] J. O. Noyce, C. W. Keevil: The Antimicrobial Effect of Copper and Copper–based Alloys on the Methicillin Resistant Staphylococcus aureus. Poster presented at the American Society for Microbiology General Meeting, New Orleans, LA, May 24, 2004.
- [21] R. B. Thurmman, C. P. Gerba: Molecular Mechanisms of Copper and Silver Ion Disinfection of Bacteria and Viruses. CRC Critical review in Environmental Control, 18 (4), 295–315, 1989.
- [22] C. Manzl, J. Enrich, H. Ebner, R. Dallinger, G. Krumschnabel: Copper–induced Formation of Reactive Oxygen Species. H. Sigel, Ed., Marcel Decker, N.Y., 20, 165, 1984.

Verlagsprogramm

Dach und Wand

Verhalten von Kupferoberflächen an der Atmosphäre; Bestell-Nr. s. 131

.....
Dachdeckung und Außenwandbekleidung mit Kupfer; Bestell-Nr. i. 30

.....
Ausschreibungsunterlagen für Klempnerarbeiten an Dach und Fassade

.....
Blau-Lila-Färbungen an Kupferbauteilen

Sanitärinstallation

Kupfer in Regenwassernutzungsanlagen; Bestell-Nr. s. 174

.....
Metallene Werkstoffe in der Trinkwasser-Installation; Bestell-Nr. i. 156

.....
Die fachgerechte Kupferrohrinstallation; Bestell-Nr. i. 158

Werkstoffe

Schwermetall-Schleuder- und Strangguss – technische und wirtschaftliche Möglichkeiten; Bestell-Nr. s. 165

.....
Zeitstandeigenschaften und Bemessungskennwerte von Kupfer und Kupferlegierungen für den Apparatebau; Bestell-Nr. s. 178

.....
Ergänzende Zeitstandversuche an den beiden Apparatewerkstoffen SF-Cu und CuZn20Al2; Bestell-Nr. s. 191

.....
Einsatz CuNi10Fe1Mn plattierter Bleche für Schiffs- und Bootkörper
Use of Copper-Nickel Cladding on Ship and Boat Hulls; Bestell-Nr. s. 201

.....
Kupfer-Nickel-Bekleidung für Offshore-Plattformen
Copper-Nickel Cladding for Offshore Structures; Bestell-Nr. s. 202

.....
Werkstoffe für Seewasser-Rohrleitungssysteme
Materials for Seawater Pipeline Systems; Bestell-Nr. s. 203

.....
Kupfer-Zink-Legierungen (Messing und Sondermessing)
Bestell-Nr. i. 5

.....
Kupfer-Aluminium-Legierungen
Bestell-Nr. i. 6

.....
Niedriglegierte Kupferwerkstoffe
Bestell-Nr. i. 8

.....
Kupfer-Nickel-Zink-Legierungen (Neusilber)
Bestell-Nr. i. 13

.....
Kupfer-Nickel-Legierungen
Bestell-Nr. i. 14

.....
Kupfer-Zinn-Knetlegierungen (Zinnbronzen)
Bestell-Nr. i. 15

.....
Röhre aus Kupfer-Zink-Legierungen
Bestell-Nr. i. 21

.....
Bänder, Bleche, Streifen aus Kupfer-Zink-Legierungen
Bestell-Nr. i. 22

.....
Kupfer-Zinn- und Kupfer-Zinn-Zink-Gusslegierungen (Zinnbronzen)
Bestell-Nr. i. 25

.....
Kupfer – Das rote Metall

.....
Kupfer – Werkstoff der Menschheit

.....
Messing – Ein moderner Werkstoff mit langer Tradition

.....
Von Messing profitieren – Drehteile im Kostenvergleich

.....
Messing ja – Entzinkung muss nicht sein!

.....
Dekorativer Innenausbau mit Kupferwerkstoffen

.....
Bronze – unverzichtbarer Werkstoff der Moderne

.....

Verarbeitung

Konstruktive Gestaltung von Formgussstücken aus Kupferwerkstoffen; Bestell-Nr. s. 133

.....
Kupfer-Zink-Legierungen für die Herstellung von Gesenkschmiedestücken; Bestell-Nr. s. 194

.....
Kleben von Kupfer und Kupferlegierungen; Bestell-Nr. i. 7

.....
Trennen und Verbinden von Kupfer und Kupferlegierungen; Bestell-Nr. i. 16

.....
Richtwerte für die spanende Bearbeitung von Kupfer und Kupferlegierungen; Bestell-Nr. i. 18

Elektrotechnik

Drehstrom, Gleichstrom, Supraleitung – Energie-Übertragung heute und morgen; Bestell-Nr. s. 180

.....
Brandsichere Kabel und Leitungen; Bestell-Nr. s. 181

.....
Energiesparen mit Spartransformatoren; Bestell-Nr. s. 183

.....
Wechselwirkungen von Blindstrom-Kompensationsanlagen mit Oberschwingungen; Bestell-Nr. s. 185

.....
Vom Umgang mit Blitzschäden und anderen Betriebsstörungen; Bestell-Nr. s. 186

.....
Sparen mit dem Sparmotor; Bestell-Nr. s. 192

.....
Bedarfsgerechte Auswahl von Kleintransformatoren; Bestell-Nr. s. 193

.....
Energiesparpotentiale bei Motoren und Transformatoren; Bestell-Nr. i. 1

.....
Kupferwerkstoffe in der Elektrotechnik und Elektronik; Bestell-Nr. i. 10

.....
Kupfer in der Elektrotechnik – Kabel und Leitungen

.....
Kupfer spart Energie

.....
Geld sparen mit Hochwirkungsgrad-Motoren

Umwelt/Gesundheit

Versickerung von Dachablaufwasser; Bestell-Nr. s. 195

.....
Kupfer in kommunalen Abwässern und Klärschlamm; Bestell-Nr. s. 197

.....
Sachbilanz einer Ökobilanz der Kupfererzeugung und -verarbeitung; Bestell-Nr. s. 198

.....
Sachbilanz zur Kupfererzeugung unter Berücksichtigung der Endenergien; Bestell-Nr. s. 199

.....
Untersuchung zur Bleiabgabe der Messinglegierung CuZn39PB3 an Trinkwasser – Testverfahren nach British Standards BS 7766 and NSF Standard 61; Bestell-Nr. s. 200

.....
Kupfer – Lebensmittel – Gesundheit; Bestell-Nr. i. 19

.....
Recycling von Kupferwerkstoffen; Bestell-Nr. i. 27

.....
Kupfer und Kupferwerkstoffe ein Beitrag zur öffentlichen Gesundheitsvorsorge; Bestell-Nr. i. 28

.....
Kupfer – der Nachhaltigkeit verpflichtet

.....
Kupfer in unserer Umwelt

.....
Natürlich Kupfer – Kupfer ökologisch gesehen

.....
Doorknobs: a source of nosocomial infection?

.....
Kupfer – Hygienischer Werkstoff

.....
Kupfer – Lebenswichtiges Spurenelement

Spezielle Themen

Kupferwerkstoffe im Kraftfahrzeugbau; Bestell-Nr. s. 160

.....

Die Korrosionsbeständigkeit metallischer Automobilbremsleitungen – Mängelhäufigkeit in Deutschland und Schweden; Bestell-Nr. s. 161

.....
Kupfer – Naturwissenschaften im Unterricht Chemie; Bestell-Nr. s. 166

.....
Ammoniakanlagen und Kupfer-Werkstoffe?; Bestell-Nr. s. 210

.....
Kupferwerkstoffe in Ammoniakkälteanlagen; Bestell-Nr. s. 211

.....
Kupferrohre in der Kälte-Klimatechnik, für technische und medizinische Gase
Bestell-Nr. i. 164

DKI-Fachbücher*

Kupfer

.....
Schweißen von Kupfer und Kupferlegierungen

.....
Chemische Färbungen von Kupfer und Kupferlegierungen

.....
Kupfer als Werkstoff für Wasserleitungen

.....
Kupfer in der Landwirtschaft

.....
Kupfer im Hochbau

EUR 10,00****

.....
Planungsleitfaden Kupfer – Messing – Bronze
EUR 10,00****

.....
Architektur und Solarthermie
Dokumentation zum Architekturpreis
EUR 10,00

CD-ROM des Deutschen Kupferinstituts

Werkstoffdatenblätter

EUR 10,00

.....
Solares Heizen

EUR 10,00

.....
Was heißt hier schon "harmonisch"?
EUR 10,00

.....
Faltmuster für Falzarbeiten mit Kupfer
Muster für Ausbildungsvorlagen in der Klempnertechnik
EUR 10,00

.....
Werkstofftechnik – Herstellungsverfahren
EUR 10,00

Lernprogramm

Die fachgerechte Kupferrohr-Installation
EUR 10,00 ***

Filmdienst des DKI

Das Deutsche Kupferinstitut verleiht kostenlos die nachstehend aufgeführten Filme und Videos:

.....
„Kupfer in unserem Leben“
Videokassette oder DVD, 20 Min.
Schutzgebühr EUR 10,00
Verleih kostenlos

.....
„Fachgerechtes Verbinden von Kupferrohren“
Lehrfilm, DVD, 15 Min.
Schutzgebühr EUR 10,00
Verleih kostenlos

.....
„Kupfer in der Klempnertechnik“
Lehrfilm, Videokassette, 15 Min.
Schutzgebühr EUR 10,00
Verleih kostenlos

.....
*Fachbücher des DKI sind über den Fachbuchhandel zu beziehen oder ebenso wie Sonderdrucke, Informationsdrucke und Informationsbroschüren direkt vom Deutschen Kupferinstitut, Am Bonneshof 5, 40474 Düsseldorf.

.....
**Dozenten im Fach Werkstofftechnik an Hochschulen erhalten die Mappen kostenlos

.....
***Sonderkonditionen für Berufsschulen

.....
****Sonderkonditionen für Dozenten und Studenten

**Auskunfts- und Beratungsstelle
für die Verwendung von
Kupfer und Kupferlegierungen**

Am Bonneshof 5
40474 Düsseldorf
Telefon: (0211) 4 79 63 00
Telefax: (0211) 4 79 63 10
info@kupferinstitut.de

www.kupferinstitut.de