

Literaturstudie
Antimikrobielle Wirkung von metallischem Kupfer
und sich daraus ergebende Effekte bei der Anwendung
kupferbeschichteter Filtermaterialien

TR LITRC 210601 00

Auftraggeber: TOROCIT Inh. Torsten Rolland, M.A., e.K.
Herr Torsten Rolland
Oswald-Merz-Str.3
95444 Bayreuth

Autoren: Dr. Elke Ilgen, Bert Ilgen

Krostitz, den 07.07.2021

Labor Ilgen
Service für Filtration und Separation
Waldstraße 26
04509 Krostitz / Zschölkau
Tel.: 034294 8595 0
Email: info@labor-ilgen.com

0. Aufgabenstellung

Die antimikrobielle Wirkung von Kupfer ist bekannt. Im Rahmen dieser Studie soll diese nochmals übersichtlich dargelegt werden.
Zudem wurden Filtermaterialien entwickelt, die in einem Coating-Verfahren mit Kupfer molekular beschichtet werden. Eine erwartete antimikrobielle Wirkung ist zu diskutieren.

1. Geschichte der antimikrobiellen Nutzung von Kupfer [1] [2] [3]

Metallisches Kupfer ist ein uraltes Heilmittel im Kampf gegen Bakterien, Pilz- und Virusinfektionen. Die Nutzung von Kupfer geht zurück bis auf das 5. und 6. Jahrtausend v. Chr. Schon vor tausenden von Jahren, als Mikroben noch völlig unbekannt waren, war die desinfizierende Wirkung von Kupfer bekannt. Die älteste Erwähnung der Nutzung von Kupfer für medizinische Zwecke befindet sich im Smith Papyrus, eines der ältesten Bücher der Welt (2700-2200 v. Chr.), indem die Desinfektion von Wunden und Trinkwasser beschrieben wird. Chinesen nutzten schon 1600 v. Chr. Kupfermünzen zur Medikation von Herz- und Magenschmerzen und Blasenleiden. Die Phönizier steckten Späne ihrer Bronzeschwerter in Kampfunden, um Infektionen zu vermeiden. Griechen, Römer und Azteken nutzten Kupfer und Kupferverbindungen zur Behandlung von Kopfschmerzen, Verbrennungen, Darmwürmern und zur allgemeinen Hygiene. Im Römischen Reich verwendetet man Kochgeschirr aus Kupfer, um die Ausbreitung von Krankheiten zu verhindern.

Amerikanische Pioniere die westwärts zogen, steckten Kupfermünzen in die mit Wasser gefüllten Holzfässer, um für die lange Reise Trinkwasser zur Verfügung zu haben. Auch die Mütter vieler Generationen gaben ihren Kindern regelmäßig Wasser aus Kupfergefäßen, um Durchfälle zu vermeiden. Michael G. Schmidt, Professor für Mikrobiologie und Immunologie der Medizinischen Universität South Carolina sagt: „Kupfer ist wahrlich ein Geschenk von Mutter Natur, dass der Mensch seit über 8 Jahrtausenden nutzt.“ [2]

Lange Zeit war die antimikrobielle Wirkung von Kupfer in Vergessenheit geraten. Dabei ist Kupfer ein sehr langlebiges Material. Die Untersuchung alter Geländer aus Kupfer zeigte, dass das Material in über 100 Jahren seine Wirkung nicht verloren hat. Eine Wiederbelebung erfuhr es im 19. Jahrhundert, als man feststellte, dass Kupferarbeiter gegen Cholera immun waren.

Durch die Entdeckung der Antibiotika trat die medizinische Anwendung von Kupfer zunehmend in den Hintergrund. Doch durch das Auftreten antibiotikaresistenter Krankenhauskeime erfährt dieses Wissen neue Beachtung.

Das intuitive Wissen der Vorfahren wurde mittlerweile durch wissenschaftliche Arbeiten bestätigt.

2. Antimikrobielle Anwendung von Kupfer in der Gegenwart [1] [2] [3] [4]

Schon 1983 dokumentierte eine Studie den nützlichen Effekt von Türklinen aus Messing (Kupfer-Zink-Legierung) und Bronze (Kupfer-Zinn-Legierung) gegen die Verbreitung von Mikroben in Krankenhäusern. Zahlreiche Studien beschäftigen sich seitdem mit der Wirkung von metallischem Kupfer auf verschiedenste Bakterien und Viren und den Wirkmechanismen. Hier zeigt sich übereinstimmend, dass Kupferoberflächen desinfizierend wirken. So beschäftigt sich z.B. der Mikrobiologe Keevil der Universität Southampton mit der Wirkung von Kupfer seit etwa 2 Jahrzehnten. Dabei untersuchte er Legionellen, die antibiotikaresistenten Keime MRSA, MERS und den Erreger der Schweinepest H1F1. In allen Fällen wurden die Keime durch den Kontakt mit Kupfer innerhalb von Minuten abgetötet. In 2015 führte er Forschungen mit dem Coronavirus 229E durch, der Erkältungen und Lungenentzündungen verursacht und ein Verwandter des COVID-19-Virus ist. Auch dieser Virus wurde innerhalb von Minuten deaktiviert.

Eine im New England Journal of Medicine im März 2020 veröffentlichte Studie [5] zeigt, dass an Kupferoberflächen das SARS-CoV-2-Virus nach 4 Stunden und das SARS-CoV-1-Virus nach 8 Stunden eine nicht mehr messbare Lebensfähigkeit aufweisen. Im Gegensatz dazu zeigte das Virus auf Plastik- und Edeltahloberflächen eine viel höhere Resistenz. Auch andere Studien belegen, dass Bakterien und Viren auf Edelstahl- oder Glassoberflächen gegenüber Kupfer viel länger infektiös bleiben. Abbildung 1 zeigt die Inaktivierung von 2 Bakterienstämmen auf metallischen Kupferoberflächen im Vergleich zu Oberflächen aus Edelstahl.

Auf Grundlage dieser vielversprechenden Untersuchungsergebnisse wurden in Krankenhäusern in mehreren Studien häufig benutzte Kontaktflächen wie z.B. Türklinen, Bettgestelle, Handläufe, Armlehnen, Lichtschalter in Kupfer ausgeführt bzw. durch Kupferteile ersetzt. Dadurch konnten in allen Fällen die Keimbelastungen erheblich gesenkt werden. Die Infektionsraten mit resistenten Keimen sank erheblich.

In einigen Ländern wurde bereits begonnen, auch im Personentransport häufig benutzte Oberflächen mit Kupfer auszustatten. Auch wurden Ideen entwickelt, insbesondere in Entwicklungsländern, Kupfergefäße zu nutzen, um Wasser trinkbar zu machen und zu halten. Borkow et al. [3] fassen in ihrer Publikation mögliche Anwendungsbereiche von Kupfer auf Grundlage seiner antimikrobiellen Eigenschaften zusammen (Abbildung 2). Dabei stellen sie fest, dass die Wirksamkeit allein durch Oberflächeneffekte bedingt ist. Vom Körper aufgenommenes Kupfer dagegen zeigt eine Interaktion mit Eiweißmolekülen und daher keinen antimikrobiellen Effekt.

Eine Fernwirkung aufgrund der Anwesenheit von Kupfer bzw. kupferbeschichteten Oberflächen wurde nicht belegt und kann ausgeschlossen werden.

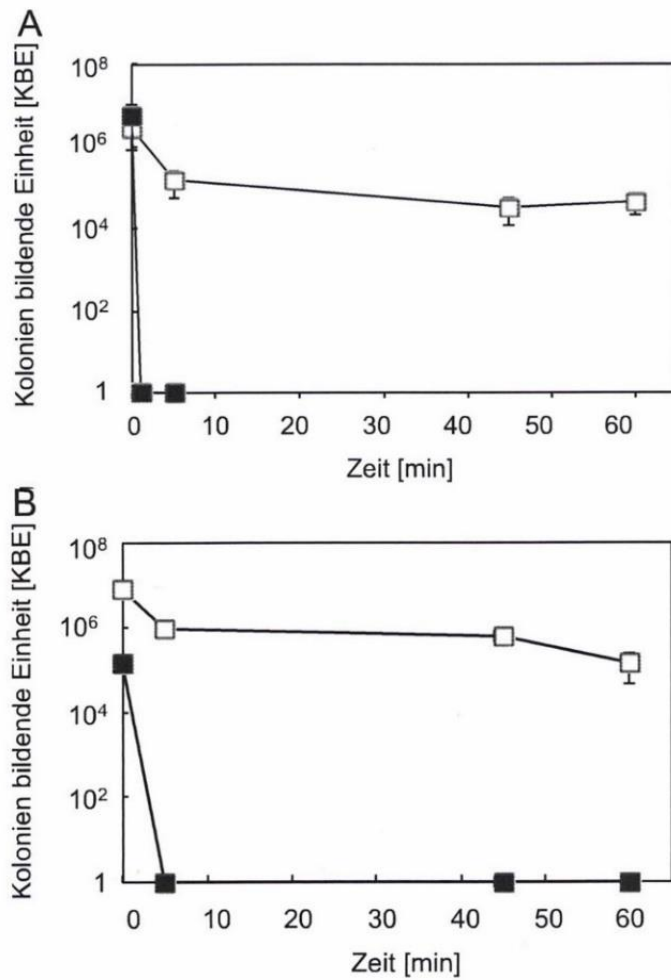


Abb. 1 Inaktivierung von Bakterien auf massiven Kupferplättchen (schwarze, gefüllte Symbole) im Vergleich zu Edelstahlplättchen (weiße, ungefüllte Symbole) [4]
 A: E.coli W3110
 B: MRSA N315

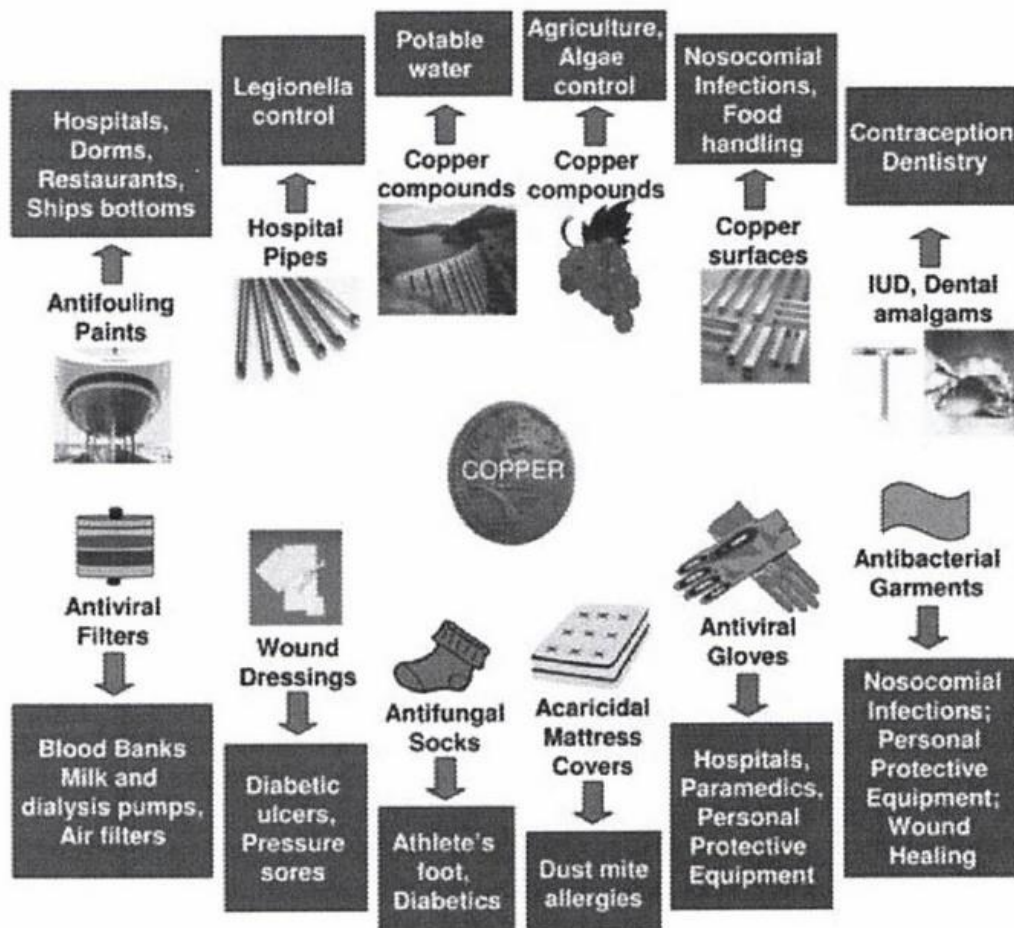


Abb. 2 Potentielle Anwendungen von Kupfer bzw. Kupferverbindungen, die auf den bioziden Eigenschaften des Kupfers beruhen [3]

3. Einstufung von Kupferoberflächen als antimikrobiell durch die EPA [6]

Die Umweltschutzbehörde der USA EPA (Environmental Protection Agency) hat seit 2008 400 Kupferoberflächen als Produkte eingestuft, die den Anspruch haben, Bakterien zu töten. Diese Einstufung erfordert den Nachweis der Wirksamkeit in umfangreichen Untersuchungen. 3

Punkte müssen dabei nachgewiesen werden:

1. Nachweis als Desinfektionsmittel – tötet Bakterien innerhalb von 2 Stunden
2. Selbst-Desinfektion – üblicher Verschleiß und Reinigung verringern Wirksamkeit nicht
3. Kontinuierliche Reduktion der bakteriellen Verunreinigungen – Abtöten der Bakterien bei wiederholter Verunreinigung

Dabei müssen die Kupferoberflächen einen Mindestgehalt von 60% aufweisen.

Labortests zeigten, dass innerhalb von 2 Stunden Kontaktzeit 99,9% der antibiotikaresistenten Krankenhauskeime MRSA, Staphylococcus aureus, VRE, Pseudomonas aeruginosa und E.coli abgetötet werden. Diese können insbesondere bei Menschen mit geschwächter Immunabwehr u.a. Lungenentzündungen, Wund- und Harnwegsinfektionen sowie Sepsis auslösen.

4. Antimikrobielle Wirkmechanismen der Kupferoberflächen [1] [2]

Zahlreiche Studien beschäftigen sich mit den genauen Wirkmechanismen des Kupfers auf Bakterien, Viren und Pilze. Neben Kupfer wirken auch andere Metalle wie die Edelmetalle Gold und Silber antimikrobiell, aber die Wirkung des Kupfers ist wesentlich stärker ausgeprägt. Es besitzt die „extra killing power“ [2], da es ein freies Außenelektron besitzt und deshalb leicht an Oxidations-Reduktionsreaktionen teilnehmen kann.

Keevil [2] beschreibt die Wirkungsweise sehr anschaulich: Wenn eine Mikrobe auf dem Kupfer landet, sprengen Ionenblitze den Erreger wie bei einem Raketenangriff, verhindern die Zellatmung, stanzen Löcher in die Zellmembranen oder Viroberflächen, bilden freie Radikale, die das Abtöten beschleunigen, besonders auf trockenen Oberflächen. Und besonders wichtig, die Ionen suchen und zerstören die DNA und RNA in den Viren und Bakterien. Damit werden Mutationen verhindert, die die Ursache für die Bildung medikamentenresistenter Keime sind. Schmidt bezeichnet Kupfer als „Sauerstoffmolekülgranate“ [2]. G. Grass et al. [1] stellen die Wirkungsweise des Kupfers mit nachfolgender Abbildung (Abb. 3) bildlich dar.

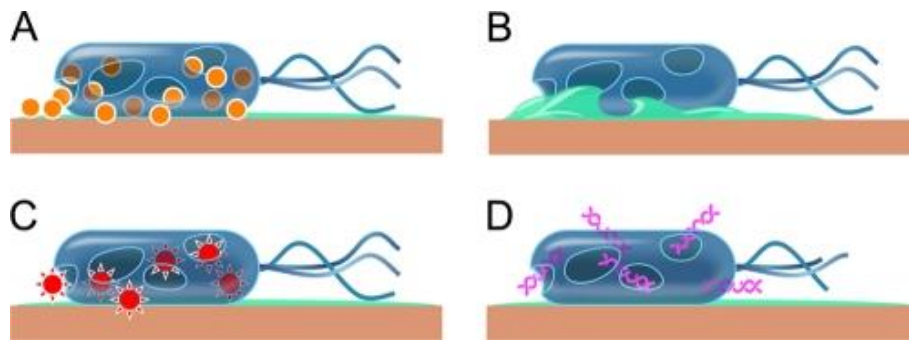


Abb. 3 Zusammenfassung der Wirkungsweise des „Contact Killings“ [1]
 A: Kupfer löst sich von der Oberfläche und verursacht Zellschäden
 B: Die Zellmembran reißt
 C: Kupferionen induzieren die Bildung reaktiver Sauerstoffverbindungen, die eine weitere Zellzerstörung verursachen
 D: DNA wird abgebaut

5. Mögliche Effekte beim Einsatz von Kupfer in Filtermedien

Im Zusammenhang mit der Corona-Pandemie ist der Bedarf an Filtermedien und Filtern insbesondere für Mund-Nasen-Schutz (MNS, umgangssprachlich Masken) und in Raumlufthereinigern stark gestiegen. In diesem Zusammenhang wurde die Idee entwickelt, neben dem Einsatz hocheffizienter Filter (HEPA) und der damit verbundenen effizienten Abscheidung von Viren und Bakterien die Filtermaterialien zusätzlich mit Kupfer zu beschichten, um dadurch einen zusätzlichen antimikrobiellen Effekt zu erzielen und die hygienischen Probleme, die beim Einsatz von Filtern auftreten können, einzuschränken.

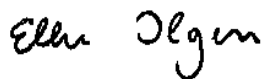
Mund-Nasen-Schutz sollte regelmäßig, vor allem nach Durchfeuchtung, gewechselt werden, was in der Realität aber nicht immer stattfindet. Der Bonner Virologe Prof. Hendrik Streeck sagte dazu: „Die Leute knüllen die Masken in die Hosentasche, fassen sie ständig an und schnallen sie sich zwei Wochen lang immer wieder vor den Mund. Das ist ein wunderbarer Nährboden für Bakterien und Pilze.“ [7]

Wichtig für gut funktionierende und keimarm arbeitende raumluftechnische Anlagen sind die Sauberkeit und regelmäßige Kontrolle der Luftleitungen und Filter. Insbesondere in Anlagen und Geräten, in denen eine hohe Luftfeuchtigkeit vorhanden sind, können Bedingungen für das Wachstum von Bakterien und Pilzen auftreten. Für größere raumluftechnische Anlagen, aber auch Klimaanlage von Kraftfahrzeugen sind Hygiene-Inspektionen sowie Wartungen durch geschultes Fachpersonal in VDI-Normen vorgeschrieben. [8]

Prinzipiell können bei der Verwendung von Raumlufthereinigern die gleichen hygienischen Probleme auftreten. Da diese üblicherweise von Nichtfachpersonal genutzt und betrieben werden, ist eine zusätzliche Schutzwirkung sehr zu empfehlen.

Die Verweilzeit der Luft im Filtermaterial liegt üblicherweise im zweistelligen Millisekundenbereich. Im Vorangegangenen wurde dargelegt, dass sich die antimikrobielle Wirkung von Kupferoberflächen innerhalb von Minuten bzw. Stunden entfaltet. Von einer antimikrobiellen Wirkung auf Viren und Bakterien beim Durchtritt durch das kupferbeschichtete Filtermaterial kann deshalb nicht ausgegangen werden. Effekte sind andererseits auf die im Material abgeschiedenen Mikroben zu erwarten, sofern sie direkten Kontakt zur Kupferoberfläche haben. Um einen nennenswerten Effekt zu erzielen, sollten die Fasern nahezu vollständig beschichtet sein.

Eine Fernwirkung kann definitiv ausgeschlossen werden. Positive Effekte treten nur bei direktem Kontakt auf.



Dr. Elke Ilgen



Bert Ilgen

Quellenverzeichnis:

- [1] Grass G, Rensing C, Solioz M.; Metallic Copper as an Antimicrobial Surface. Applied and Environmental Microbiology; Volume 7, Issue 5, March 2011, Pages:1541-7
- [2] Jim Morrison; Copper's Virus-Killing Power were known even to the Ancients. Smithsonian Magazine, April 14, 2020
- [3] Borkow G, Gannay J; Copper, An Ancient Remedy Returning to Fight Microbial, Fungal and Viral Infections. Current Chemical Biology; 3, 2009, Pages:272-8
- [4] Bleichert P; Untersuchungen zur Wirkungsweise antimikrobieller Kupferoberflächen. Dissertation Naturwissenschaftliche Fakultät I, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; 12.10.2015
- [5] Editor's Note, van Doremalen N, et.al.; Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. New England Journal of Medicine; 382, 2020, Pages 1564-7
- [6] Copper Development Association Inc.; Antimicrobial Copper: Proper Use and Care. Webinar_Slides_2015
- [7] <https://www.esanum.de/today/posts/virologe-streeck-atemmasken-werden-oft-falsch-verwendet>; 10.06.2020
- [8] <https://blog.vdi.de/die-luft-ist-rein>; 26.05.2017