

Are laptop ventilation-blowers a potential source of nosocomial infections for patients?

Abstract

Inadequately performed hand hygiene and non-disinfected surfaces are two reasons why the keys and mouse-buttons of laptops could be sources of microbial contamination resulting consequently in indirect transmission of potential pathogens and nosocomial infections. Until now the question has not been addressed whether the ventilation-blowers in laptops are actually responsible for the spreading of nosocomial pathogens. Therefore, an investigational experimental model was developed which was capable of differentiating between the microorganisms originating from the external surfaces of the laptop, and from those being blown out via the ventilation-blower duct. Culture samples were taken at the site of the external exhaust vent and temperature controls were collected through the use of a thermo-camera at the site of the blower exhaust vent as well as from surfaces which were directly exposed to the cooling ventilation air projected by the laptop.

Control of 20 laptops yielded no evidence of microbial emission originating from the internal compartment following switching-on of the ventilation blower. Cultures obtained at the site of the blower exhaust vent also showed no evidence of nosocomial potential. High internal temperatures on the inner surfaces of the laptops (up to 73 °C) as well as those documented at the site of the blower exhaust vent (up to 56 °C) might be responsible for these findings.

Keywords: laptop, microbial emission, ventilation-blower, temperature in ventilation-blower compartment, temperature at the exit duct of the ventilation fan

Katja Siegmund¹
Nils Hübner¹
Claus-Dieter Heidecke²
Ronny Brandenburg³
Kristian Rackow³
Hicham Benkhai¹
Volker Schnaak⁴
Harald Below¹
Tina Dornquast¹
Ojan Assadian¹
Axel Kramer¹

1 Institute of Hygiene and Environmental Medicine, Ernst Moritz Arndt University, Greifswald, Germany

2 Clinic and Policlinic for Surgery, Dept. of General Surgery, Visceral-, Thorax- and Vasular Surgery, Ernst-Moritz-Arndt-University, Greifswald, Germany

3 Leibniz-Institute for Plasma Science and Technology e.V., Greifswald, Germany

4 GRYPS Computer, Greifswald, Germany

Introduction

Based on the fact that computers are commonly used in hospital patient wards and operation theatres, it would be not surprising if they could be contaminated with nosocomial pathogens. Cultures taken from the surface of computers keyboards yielded microorganisms such as coagulase-negative staphylococcus (CNS) (from 100% of all keyboards), diphtheroids (80%), micrococcus spp. (72%), bacillus spp. (64%), Methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA; 4%), Methicillin-sensitive Staphylococcus aureus (MSSA; 4%), Vancomycin-sensitive enterococcus spp. (12%) and Gram-negative non-fermenting rods (36%) [1]. These studies found all of the tested disinfection solutions were to be effective and compatible

for use in disinfecting keyboards. It could be further demonstrated that contamination of the keyboards used by numerous persons was far higher than that seen in keyboards used by only one person [2]. As a consequence to this unavoidable situation, Anderson et al. [2] also recommended routine cleaning and disinfection of the work station, especially in situations where keyboard usage involves numerous persons. On an intensive care unit it was discovered that the keyboard keys and mouse input devices of the ward station computers were contaminated up to 5.9% and 6.3%, respectively. Interestingly, the telephone handles as well as intercoms were not contaminated due to the fact that they were regularly disinfected [3]. Analogously, keyboard keys used by anesthesiologists in the operating room were also shown to be contamin-

ated (most often with CNS and bacillus spp., but also with MRSA). Consequent to these findings, a recommendation was made for routine hand disinfection along with daily wipe-disinfection of the computer contact surface [4]. The general consensus from all of the studies examining computer keyboard and mouse devices is unanimous: the decisive preventative measure for the elimination of these infection sources is improved hand hygiene and routine disinfection/cleaning of the PC contact/touch surfaces [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13]. Based upon the fact that most laptops are fitted with a cooling ventilation blower, it was decided to investigate whether the external air inlets into the vent and eventually blown back into the room actually culminates into contamination, thereby spreading potential pathogens into the surrounding area.

Materials and methods

In order to avoid a mixture of the emission from the laptop together with the surrounding contaminated environmental air, it had to be ascertained that the air exhausted from the laptop would be captured into a microbial air sampler, whereby a secure separation between contaminated room-air and laptop emission could be maintained. The laptops chosen for the study were examined within a laminar air flow safety workbench (Microflow, Nunc GmbH, Wiesbaden-Biebrich). For the purpose of this study a box which could be disinfected as well as completely sealed was constructed and placed into the security workbench (Figure 1). The suction vent of the microbial air sampler (Air Deal 3 P, Biomerieux Deutschland GmbH, Nürtingen) was precisely positioned onto the opening punched out from the bottom of the box. The microbial air sampler has an aspiration capacity of 100 l/min. The top cover of the box could be open in order to place the laptop within (Figure 2).



Figure 1: The box placed within the security workbench for the investigation of microbial emissions exhausted from laptops situated within the box



Figure 2: The metal box (which could be disinfected) and its perforated Plexiglas cover which facilitated circulation of the surrounding laminar air flow. The opening on the bottom of the box was the location where the microbial air sampler was securely joined.

Further course of the experiment involved the following steps:

- Disinfection of all internal and external surfaces of the box using an alcohol-based surface disinfectant (Teralin liquid; Schülke and Mayr GmbH, Norderstedt) possessing microbiocidal and virocidal efficacy (declared max. effect time against non-sheathed viruses 2 min) for a minimal duration of 5 min
- Simultaneous disinfection of the internal surfaces of the workbench with the same liquid solution also for 5 min with the safety workbench switched-on
- Disinfection of the surface of the microbial air sampler with the same liquid solution for 5 min
- Surgical, alcohol-based hand disinfection and disinfection of the lower arms according to the declared time of effect for duration of 1.5 min (AHD 2000, Lysoform, Dr. Hans Rosemann GmbH, Berlin), sterile OP gloves were subsequently put on
- Placement of the disinfected box into safety workbench, thereafter the box was not moved
- Switching-off of the safety workbench for the duration of time it took to carefully place the laptops into the box without causing any air-movement or disturbances
- Switching-on of the safety workbench for a period of 20 sec
- Disinfection of the gloved hands



Figure 3: Position of the microbial air sampler at the opening on the bottom of the box containing the laptop

- Placement of the blood agar culture plate into the microbial air sampler, unscrewing the collection head which for the first measurement of the day was initially sterile. For each new subsequent measurement the collection head was disinfected for a duration period of 5 min with a bottled disinfection solution.
- Careful attachment of the microbial air sampler to the opening at the bottom of the box with special attention not to allow any space between the connection (Figure 3)
- Switching-on the microbial air sampler for a time period of 5 min in order to determine the “blank values”; that is the number of airborne bacteria released into the laminar air flow from the external body of the non-activated laptop
- Removal of the agar plate from the microbial air sampler, disinfection of the collection head and placement of a new agar plate
- Switching-on the laptop and program start; as soon as the ventilation fan is activated the microbial air sampler is immediately switched-on once again for a period of 5 min in order to register the air released by the ventilation blower
- Removal of the laptop out of the box.

In parallel, a smear was taken using cotton swabs at the site of the laptop exhaust vent where the cooled air is blown out. The smear was then directly wiped onto Columbia-blood agar (heipha Dr. Müller GmbH, Eppelheim), subsequently placed into a Casein-Sojapepton-solution and vortexed. After 24 hr incubation of the CSL, 50 µl fractionated were spread onto Columbia blood agar. The blood agar plates were each incubated for 48 hr at $37 \pm 1^\circ \text{C}$.

The cultivated colonies derived from the collected air as well as those from the smear were biochemically differentiated in the same manner as those from enrichment cultures.

For this study only laptops with ventilation blowers were investigated. The devices originated from a total of 7 dif-

ferent manufacturers and were drafted for use from various hospital stations without prior notice or disinfection (Table 1).

Temperature pictures were performed at the blower exhaust vent and within the interior of the laptop using a thermo camera VarioCAM high resolution (Infra Tec GmbH Dresden). For this the housing of the laptops were opened. In order to achieve a defined CPU-burden and the associated warmth development the software “Stress my PC” was installed and opened for use. Room temperature was 20°C at a distance of 0.5 m from the laptop.

Results

The pre-values derived from the air circulated around the casing of the laptop stood at 40.1 ± 17.9 colony forming units per m^3 (cfu/m^3) (Table 2). This represents an increased factor of 1.2. This difference was not considered significant. This was also found to be the case with molds whereby the factor was increased by only 1.2 (5.7 ± 9.46 vs. 7.1 ± 14.90).

With the exception of the aerobic sporulation, there was no differentiation observed between the “blank values” and the running blowers in terms of species distribution. In the case of the apathogenic sporulators, the figures were doubled from 4.8 ± 6.1 cfu/m^3 to 11.1 ± 13.2 cfu/m^3 whereby, however, this difference was not considered significant (Wilcoxon signed rank-test, $p=0.211$).

The spectrum of the freely released microorganisms encompassed mostly members of the localized flora of the skin (coagulase-negative staphylococcus and micrococcus luteus), lacking pathogenic potential and therefore only capable of contaminating the body surface. From 2 laptops were 4 cfu of Methicillin sensitive staphylococcus aureus released but each time only for the blank values (laptops 2 & 12). 1 laptop released 2 cfu of β -hemolyzing streptococcus but in this case only after the blower was switched-on.

Table 1: Analyzed laptops

Laptop Nr.	Brand/Type	Manufacturer	Use on the following stations
1	Toshiba Quosimo G30-177	Toshiba Europe GmbH (Neuss)	oral-jaw-facial surgery
2,4,7,8,11	belinea b. books 5	Belinea GmbH (Wittmund)	trauma surgery, neurosurgery, ophthalmology, orthopedics, neurology
3,9	netbook msi u 100 series	MSI Technology GmbH (Frankfurt am Main)	microbiology Lab
5,12–15	HP compaq 610	Hewlett-Packard Company (Palo Alto, CA)	dermatology, pediatrics, milk-kitchen, neonatology
6	Medion akoya	Medion AG (Essen)	microbiology Lab
10	Maxdata Pro6100W	MAXDATA GmbH (Marl)	neurology
16–20	Asus X51RL	Asus Computer GmbH (Ratingen)	ophthalmology

Table 2: Release of microorganisms from laptops during a time span of 5 min air collection with or without the running ventilation blower

Laptop Nr.	without the running ventilation blower (blank values)		during the running of the ventilation blower	
	cfu/m ³	germ	cfu/m ³	germ
1	34	6ML, 6aM, 22M	40	6ML, 43aS, 2M
2	30	14CNS, 2MSSA, 10ML, 4aM,	34	22CNS, 6 ML, 2 M
4	32	14CNS, 18ML	22	14CNS, 4ML, 4M
7	22	8CNS, 12ML, 2aS	52	18CNS, 24ML, 10aS
8	46	28CNS, 14ML, 4aS	48	6CNS, 36ML, 6aS
11	70	26CNS, 22ML	98	44CNS, 48ML, 2aS, 4M
3	52	32 CNS, 8ML, 4aS, 8M	84	52CNS, 22ML, 8aS, 2M
9	54	26CNS, 28ML	96	54CNS, 368ML, 6M
5	36	12CNS, 22ML, 2M	66	38CNS, 18ML, 10M
12	14	8CNS, 2MSSA, 2aS, 2M	44	28CNS, 14ML, 2aS
13	18	2CNS, 8ML, 8M	42	26CNS, 6ML, 40aS, 6M
14	70	10CNS, 34ML, 24aS, 2M	37	22CNS, 30ML, 22aS
15	22	8CNS, 10ML, 2aS, 2M	74	14CNS, 40ML, 16aS, 4M
6	68	10CNS, 8ML, 14aS, 36M	100	10CNS, 20ML, 6aS, 64M
10	42	20CNS, 18ML, 4M	80	48CNS, 2hS, 22ML, 4aS, 4M
16	50	22CNS, 20ML, 4aS, 4M	50	4CNS, 30ML, 10aS, 6M
17	58	22CNS, 30ML, 6aS	50	20CNS, 22ML, 4aS, 4M
18	36	20CNS, 8ML, 8aS	44	18CNS, 24ML, 2aS
19	16	14CNS, 12ML, 6M	26	2CNS, 22ML, 2aS
20	32	12CNS, 14ML, 4aS, 2M	60	26CNS, 32 ML, 2M
s	40.1		49.2	
±	17.9		23.9	

CNS = coagulase-negative staphylococcus, MSSA = Methicillin sensitive Staphylococcus aureus, ML = Micrococcus luteus; hS = β -hemolyzing Streptococcus, aS = aerobic spores, S = mold

A correlation between origin of the laptop, the manufacturer, the amount of freely-released germs as well as germ spectrum could not be developed. Swab culture samples taken from the blower exit vents which were directly smeared demonstrated negative growth in 16 of the cases. The remaining 4 showed only

members of the localized flora of the skin and/or aerobic spores. Even following applied enrichment, 6 of the smears remained negative and the germ spectrum did not alter (Table 3). The results were found to be so uniform that it was decided not to match the results to the specific laptop manufacturers.

Table 3: Microbial contaminations at the site of the blower exit vent

number of laptops	direct smear (cfu)	number of laptops	post enrichment
16	0	6	no growth
1	2aS	7	aS
1	immense aS	5	KNS
1	2CNS	1	ML und aS
1	1CNS, 6ML	1	ML

CNS = coagulase-negative staphylococcus, ML = Micrococcus luteus, aS = aerobic spores

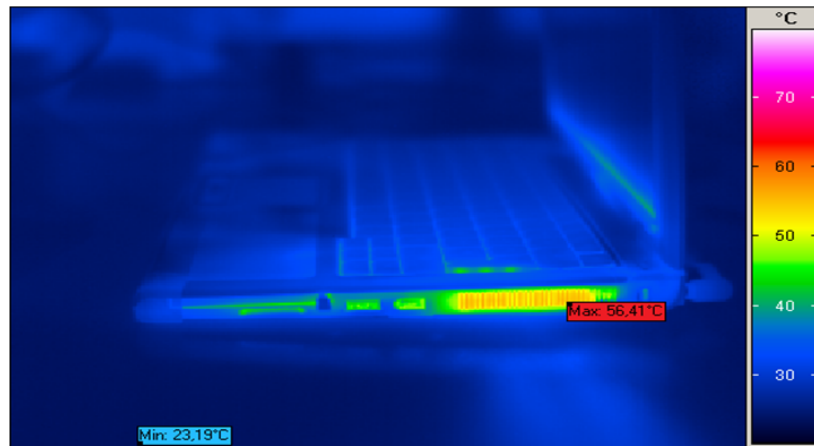


Figure 4: Thermographic picture at the site of the blower vent

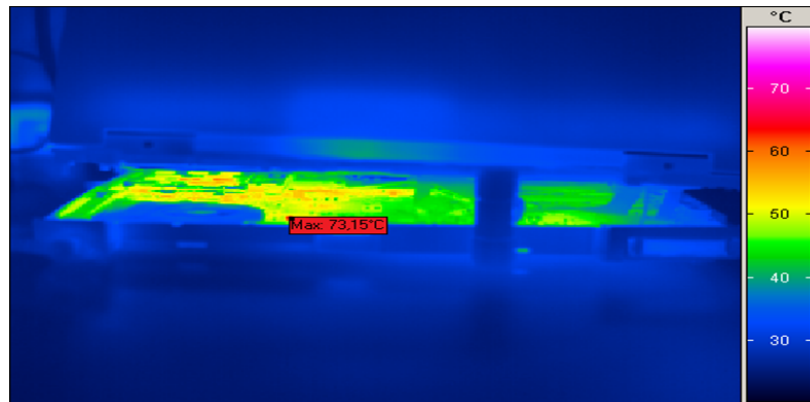


Figure 5: Thermographic picture of the internal space (CPU-region)

At the site of the blower exit vent of a laptop model TravelMate 3000 following 10 min of running the software at maximum, measured temperature 56.4 °C (Figure 4). Suctioned cool air flowing over the internal surface of the laptop achieved a measured temperature of 73.2 °C (Figure 5).

Discussion

The results of this study allow the assumption that the activated blowers within the investigated laptops did not result in an additional release of nosocomial pathogens into the surrounding environment. The exit vent of the blower was also not contaminated with nosocomial germs. Due to the high temperatures in the inner parts of the laptop (up to 73 °C), a biofilm could not be created within

the blower space or surrounding surfaces from which the risk of disease activators could be emitted. Even at the site of the blower vent there was no evidence for aerobic spores or mold. This could be explained by the high exhaust temperature of 56 °C. The fact that spores were released with or without the activated blower leads to the assumption that they originated from the external surface of the laptop and perhaps from the air shaft of the blower. That spores and molds possess a high persistence against dry heat than vegetative bacteria; it is possible that they could survive a short term within the airspace of the blower. This is, however, unlikely for nosocomial vegetative bacteria due to an intolerance of general temperatures ≥ 60 °C. Before the point is reached where the processor has become heated-up and the blower is activated, the surrounding room air is sucked into the device. The air becomes immediately warm and dry, whereby bacteria

have no possibility of clinging to the inner surface of the blower, reproducing and eventually building a biofilm. The explanation for this is that most disease activators are mesophilic; meaning that they proliferate preferably at temperatures between 15–45 °C [14] and for the construction of biofilm require water in order to develop a completely hydrated EPS-matrix [15]. Interpretation of the findings is thereby supported in that direct smears obtained from the airflow ventilated inner surface of the laptop were without exception negative. Only the aerobic spores could be cultivated post enrichment.

Once the remaining warm air within the airspace of the blower is cooled after the laptop has been switched-off, it is possible through volume traction that contaminated external air finds its way into the blower compartment. That room air within ward stations is minimally burdened in a microbial sense (e.g. 200–400 cfu/m³ in a patient room and hall of an ICU ward [13], it can be calculated that after a room air backflow of approximately 2 cm³, the number of germs which had entered clearly stood at ≤1 cfu. Even though the cooling blower was turned-off the conditions for biofilm development were not present.

References

- Rutala WA, White MS, Gergen MF, Weber DJ. Bacterial contamination of keyboards: efficacy and functional impact of disinfectants. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2006;27(4):372-7. DOI: 10.1086/503340
- Anderson G, Palombo EA. Microbial contamination of computer keyboards in a university setting. *Am J Infect Control*. 2009;37(6):507-9. DOI: 10.1016/j.ajic.2008.10.032
- Hartmann B, Benson M, Jünger A, Quinzio L, Rohrig R, Fengler B, Färber UW, Wille B, Hempelmann G. Computer keyboard and mouse as a reservoir of pathogens in an intensive care unit. *J Clin Monit Comput*. 2004;18(1):7-12. DOI: 10.1023/B:JOCM.0000025279.27084.39
- Fukada T, Iwakiri H, Ozaki M. Anaesthetists' role in computer keyboard contamination in an operating room. *J Hosp Infect*. 2008;70(2):148-53. DOI: 10.1016/j.jhin.2008.05.023
- Dogan M, Feyzioglu B, Ozdemir M, Baysal B. Investigation of microbial colonization of computer keyboards used inside and outside hospital environments. *Mikrobiyol Bul*. 2008;42(2):331-6.
- Lu PL, Siu LK, Chen TC, Ma L, Chiang WG, Chen YH, Lin SF, Chen TP. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and *Acinetobacter baumannii* on computer interface surfaces of hospital wards and association with clinical isolates. *BMC Infect Dis*. 2009;9:164. DOI: 10.1186/1471-2334-9-164
- Schultz M, Gill J, Zubairi S, Huber R, Gordin F. Bacterial contamination of computer keyboards in a teaching hospital. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2003;24(4):302-3. DOI: 10.1086/502200
- Wilson AP, Ostro P, Magnussen M, Cooper B. Laboratory and in-use assessment of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* contamination of ergonomic computer keyboards for ward use. *Am J Infect Control*. 2008;36(10):19-25. DOI: 10.1016/j.ajic.2008.09.001
- Coia JE, Masterton RG. Computer keyboards as a risk for nosocomial infection. *Am J Infect Control*. 2001;29(5):345. DOI: 10.1067/mic.2001.117616
- Panknin HT. MRSA contamination of computer keyboards: an indirect marker of hand hygiene? *Kinderkrankenschwester*. 2010;29(3):121-2.
- Wilson AP, Hayman S, Folan P, Ostro PT, Birkett A, Batson S, Singer M, Bellingan G. Computer keyboards and the spread of MRSA. *J Hosp Infect*. 2006;62(3):390-2. DOI: 10.1016/j.jhin.2005.09.007
- Fellowes C, Kerstein R, Clark J, Azadian BS. MRSA on tourniquets and keyboards. *J Hosp Infect*. 2006;64(1):86-8. DOI: 10.1016/j.jhin.2006.04.018
- Wackerow R. Lässt sich die Luftkeimbelastung auf einer Intensivtherapiestation durch ein konsequentes Schleusungsregime verringern? [Dissertation]. Greifswald: Med Fak Univ Greifswald; 1999.
- Schauer F. Wachstum, Persistenz, Resistenz. In: Kramer A, Assadian O (Hrsg). *Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik und Konservierung*. Stuttgart: Thieme; 2008. pp. 9-19.
- Flemming HC, Neu TR, Wozniak DJ. The EPS matrix: the "house of biofilm cells". *J Bacteriol*. 2007;189(22):7945-7. DOI: 10.1128/JB.00858-07

Corresponding author:

Prof. Dr. med. Axel Kramer
Institute for Hygiene and Environmental Medicine, Ernst Moritz Arndt University, Walther-Rathenau-Straße 49a, 17489 Greifswald, Germany
kramer@uni-greifswald.de

Please cite as

Siegmond K, Hübner N, Heidecke CD, Brandenburg R, Rackow K, Benkhail H, Schnaak Volker, Below H, Dornquast T, Assadian O, Kramer A. Are laptop ventilation-blowers a potential source of nosocomial infections for patients? *GMS Krankenhaushyg Interdiszip*. 2010;5(2):Doc07. DOI: 10.3205/dgkh000150, URN: urn:nbn:de:0183-dgkh0001509

This article is freely available from

<http://www.egms.de/en/journals/dgkh/2010-5/dgkh000150.shtml>

Published: 2010-09-21

Copyright

©2010 Siegmond et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.en>). You are free: to Share – to copy, distribute and transmit the work, provided the original author and source are credited.

Ist das Kühlgebläse patientenbezogen eingesetzter Laptops eine potentielle Quelle nosokomialer Infektionen?

Zusammenfassung

Tastaturen und Bedienmaus von Laptops können durch mikrobielle Kontamination infolge mangelhafter Händehygiene und Flächendesinfektion Quelle nosokomialer Infektionen werden. Bisher nicht untersucht wurde die Frage, ob durch das Kühlgebläse von Laptops nosokomiale Problemerreger emittiert werden können. Aus diesem Grund wurde ein Versuchsaufbau entwickelt, der die Unterscheidung der Freisetzung von Mikroorganismen von den Außenflächen des Laptops und aus dem Gebläse ermöglicht. Zusätzlich wurden am Gebläseauslass Abstriche entnommen und die Temperatur sowohl am Gebläseauslass als auch auf den an den Prozessor angrenzenden von der Kühlluft umströmten Flächen mittels Wärmebildkamera bestimmt.

Bei der Überprüfung von 20 Laptops war beim Einschalten des Kühlgebläses keine mikrobielle Emission aus dem Innenraum nachweisbar. Ebenso ergab sich auf Grund der Abstriche am Gebläseauslass kein Hinweis auf eine nosokomiale Gefährdung. Die Ursache hierfür ist in der hohen Temperatur von Bauteilen im Innern des Laptops (bis 73 °C) sowie am Gebläseauslass (bis 56 °C) zu sehen.

Schlüsselwörter: Laptop, mikrobielle Emmission, Gebläse, Temperatur im Gebläseraum, Temperatur am Gebläseauslass

Katja Siegmund¹
Nils Hübner¹
Claus-Dieter Heidecke²
Ronny Brandenburg³
Kristian Rackow³
Hicham Benkhai¹
Volker Schnaak⁴
Harald Below¹
Tina Dornquast¹
Ojan Assadian¹
Axel Kramer¹

1 Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald, Deutschland

2 Klinik und Poliklinik für Chirurgie, Abt. für Allgemeine Chirurgie, Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie, Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald, Deutschland

3 Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald, Deutschland

4 GRYPs Computer, Greifswald, Deutschland

Einleitung

Da Computer in den unterschiedlichsten patientenbezogenen Bereichen eingesetzt werden, ist es nicht überraschend, dass sie mit nosokomial relevanten Erregern kontaminiert sein können. Auf der Tastatur von Computern wurden folgende Kontaminationen festgestellt: koagulase-negative Staphylokokken (KNS) (100% der Tastaturen), Diphtheroide (80%), *Micrococcus* spp. (72%), *Bacillus* spp. (64%), ORSA (4%), OSSA (4%), Vancomycin sensible *Enterococcus* spp. (12%) und Nonfermenter (36%) [1]. In der Studie erwiesen sich alle geprüften Desinfektionsmittel als wirksam und kompatibel zur

Desinfektion der Tastaturen. Es konnte ferner nachgewiesen werden, dass die Kontamination der Tastaturen bei Nutzung durch mehrere Personen signifikant größer war als bei Nutzung nur durch dieselbe Person [2]. Auch in dieser Studie [2] wird als Konsequenz der unvermeidbaren Kontamination die regelmäßige Reinigung und Desinfektion der work station empfohlen, speziell bei Nutzung durch unterschiedliche Personen. Auf einer Intensivstation waren die Tastaturen und die Bedienmaus der Computer in 5,9% bzw. 6,3% kontaminiert, während die Telefonhörer und Wechselsprechanlage auf Grund der regelmäßigen desinfizierenden Reinigung nicht kontaminiert waren [3]. Analog waren die Tastaturen der vom Anästhesisten bedienten PCs im OP kontaminiert (am häufigsten mit KNS und *Bacillus* spp., aber auch mit MRSA). Als Konsequenz

werden die regelmäßige Händedesinfektion und die tägliche Wischdesinfektion der PC-Kontaktflächen empfohlen [4]. Übereinstimmend kommen alle Studien zur Kontamination von Tastaturen und Maus zu der Schlussfolgerung, dass die entscheidenden präventiven Maßnahmen zur Eliminierung dieser potentiellen Infektionsquelle die Verbesserung der Händehygiene und die regelmäßige desinfizierende Reinigung der PC-Kontaktgriffflächen sind [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13].

Da die Mehrzahl der Laptops mit einem Gebläse zur Kühlung ausgestattet ist, sollte untersucht werden, ob ggf. zur Kühlung angesaugte Außenluft im Innenraum zu einer kumulierenden Kontamination führt, so dass evtl. potentielle Pathogene in die Raumluft emittiert werden.

Material und Methode

Um eine Vermischung der Emission aus dem Laptop mit der umgebenden kontaminierten Außenluft zu verhindern, musste gewährleistet werden, dass die aus dem Laptop freigesetzte Luft so mit einem Luftkeimsammler aufgefangen wird, dass eine Vermischung mit kontaminierter Umluft so gering wie möglich gehalten wird. Hierzu wurde folgender Versuchsaufbau gewählt. Die zu prüfenden Laptops wurden im Laminar Air flow einer Sicherheitswerkbank (Microflow, Nunc GmbH, Wiesbaden-Biebrich) geprüft. In die Sicherheitswerkbank wurde eine für diesen Zweck gebaute desinfizierbare rundum verschließbare Box eingestellt (Abbildung 1). In der am Boden ausgestanzten Öffnung wurde passgenau die Ansaugöffnung des Luftkeimsammlers (Air Deal 3 P, Biomerieux Deutschland GmbH, Nürtingen) positioniert. Der Luftkeimsammler hat eine Ansaugleistung von 100 l/min. Der Deckel der umschlossenen Box war aufklappbar, um den Laptop einbringen zu können (Abbildung 2).



Abbildung 1: In der Sicherheitswerkbank aufgestellte Box zur Ermittlung der mikrobiellen Emission von je einem innerhalb der Box in Betrieb befindlichem Laptop



Abbildung 2: Desinfizierbare Metallbox mit perforiertem Plexiglasdeckel für die Durchströmung der umgebenden Laminar Air Flow und mit einer Öffnung am Boden zur Ankopplung des Luftkeimsammlers

Der weitere Versuchsablauf beinhaltete folgende Schritte:

- Desinfektion aller Innen- und Außenflächen der Box mit einem alkoholbasierten Flächendesinfektionsmittel (Terralin liquid; Schülke&Mayr GmbH Norderstedt) mit mikrobiozider und virozider Wirksamkeit (deklarierte max. Einwirkungszeit gegen unbehüllte Viren 2 min) für die Mindestdauer von 5 min
- parallel Desinfektion der Innenflächen der Werkbank mit demselben Präparat ebenfalls für 5 min bei eingeschalteter Sicherheitswerkbank
- Desinfektion der Oberflächen des Luftkeimsammlers mit demselben Präparat für 5 min
- chirurgische alkoholische Desinfektion der Hände und Unterarme gemäß deklarierte Einwirkungszeit für die Dauer von 1,5 min (AHD 2000, Lysoform Dr. Hans Rosemann GmbH, Berlin), danach Anlegen steriler OP-Handschuhe
- Einstellen der desinfizierten Box in die Sicherheitswerkbank; danach wurde die Box nicht mehr bewegt
- Abschalten der Sicherheitswerkbank für die Dauer des vorsichtigen Einbringens des Laptops in die Box unter Vermeidung von Luftverwirbelung
- Einschalten der Sicherheitswerkbank für die Dauer von 20 s
- Desinfektion der behandschuhten Hände
- Einlegen einer Blutagarpatte in den Keimsammler, Aufschrauben des Sammelkopfes, der für die erste Messung am Tag steril war und für die folgenden



Abbildung 3: Position des Luftkeimsammlers am Auslass der Box mit in der Box befindlichem Laptop

Messungen mit dem Flächendesinfektionsmittel vor jeder neuen Messung für die Dauer von 5 min desinfiziert wurde.

- Aufstellung des Luftkeimsammlers unter der unteren Öffnung der Box, so dass kein Zwischenraum verblieb (Abbildung 3)
- Einschalten des Luftkeimsammlers für die Dauer von 5 min zur Bestimmung des „Leerwerts“, d.h. der Anzahl luftgetragener Bakterien, die ohne eingeschalteten Laptop durch die strömende Laminar Air Flow vom Außenkörper des Laptops abgelöst werden
- Herausnehmen der Agarplatte aus dem Luftkeimsammler, Desinfektion des Sammelkopfs und Einlegen einer neuen Agarplatte
- Einschalten des Laptops und Programmstart; sobald der Lüfter des Laptops angesprungen ist, unmittelbar danach erneutes Einschalten des Luftkeimsammlers für die Dauer von 5 min zur Erfassung der aus dem Lüfter freigesetzten Luft
- Entnahme des Laptops aus der Box.

Parallel wurde ein Abstrich mit sterilem Wattestäbchen im Schlitz des Laptops für den Austritt der Kühlluft entnommen. Der Abstrich wurde zunächst direkt auf Columbia-Blutagar (heipha Dr. Müller GmbH, Eppelheim) ausgestrichen und anschließend in Casein-Sojapepton-Lösung (CSL) (Oxoid Hampshire England) eingebracht und gevortext. Nach 24 h Bebrüten der CSL wurden 50 µl fraktioniert auf Columbia-Blutagar ausgestrichen. Die Blutagarplatten wurden jeweils 48 h bei $37\pm 1^\circ\text{C}$ bebrütet.

Die in der Sammelluft sowie die im Abstrich gewachsenen Kolonien wurden ebenso wie die Anreicherungskultur biochemisch differenziert.

Für die Studie wurden nur Laptops mit Gebläse untersucht. Die Geräte stammten von insgesamt 7 Herstellern und wurden aus unterschiedlichen Stationen ohne vorherige Ankündigung und ohne vorherige Desinfektion rekrutiert (Tabelle 1).

Wärmebilder wurden am Gebläseaustritt und im Innenraum des Laptops mit der Thermographiekamera Vario-

CAM high resolution (InfraTec GmbH Dresden) durchgeführt. Hierzu wurde das Gehäuse des Laptops geöffnet. Um eine definierte CPU-Last und die damit verbundene Wärmeentwicklung zu erreichen, wurde die Software Stress My PC installiert und in Betrieb genommen. Die Raumtemperatur betrug in 0,5 m Entfernung zum Laptop $20,0^\circ\text{C}$.

Ergebnisse

Der Leerwert der den Laptop umspülten Luft betrug $40,1\pm 17,9$ Koloniebildende Einheiten pro Kubikmeter (KbE/m^3) (Tabelle 2). Bei laufendem Gebläse erhöhte sich die Freisetzung der Mikroorganismen auf $49,2\pm 23,9$ KbE/m^3 (Tabelle 2). Das entspricht einer Erhöhung um den Faktor 1,2. Dieser Unterschied ist nicht signifikant. Bei den Schimmelpilzen war die Abgabe ebenfalls nur um den Faktor 1,2 erhöht ($5,7\pm 9,46$ vs. $7,1\pm 14,90$).

Die Verteilung der Species unterschied sich mit Ausnahme der aeroben Sporenbildner nicht zwischen Leerwert und laufendem Gebläse. Bei den Sporenbildnern, die apathogen sind, verdoppelte sich die Anzahl von $4,8\pm 6,1$ KbE/m^3 auf $11,1\pm 13,2$ KbE/m^3 , wobei jedoch auch dieser Unterschied nicht signifikant war (Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben, $p=0,211$).

Das Spektrum der freigesetzten Mikroorganismen umfasste überwiegend Vertreter der Standortflora der Haut (koagulasenegative Staphylokokken und *Micrococcus luteus*) ohne pathogenes Potential, sofern nur die Körperoberfläche damit kontaminiert wird. Von 2 Laptops wurden 4 KbE Methicillin sensible *Staphylococcus aureus* freigesetzt, aber jeweils nur im Leerwert (Laptop Nr. 2 und 12). Von einem Laptop wurden 2 KbE β -hämolyisierende Streptokokken freigesetzt, in diesem Fall erst nach eingeschaltetem Gebläse.

Zwischen der Herkunft der Laptops, dem Fabrikat, der freigesetzten Erregermenge und dem freigesetzten Erre-

Tabelle 1: Analyisierte Laptops

Laptop Nr.	Fabrikat/Typ	Hersteller	Nutzung auf folgenden Stationen
1	Toshiba Quosimo G30-177	Toshiba Europe GmbH (Neuss)	Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie
2,4,7,8,11	belinea b. books 5	Belinea GmbH (Wittmund)	Unfallchirurgie, Neurochirurgie, Augenheilkunde, Orthopädie, Neurologie
3,9	netbook msi u 100 series	MSI Technology GmbH (Frankfurt am Main)	Mikrobiologisches Labor
5,12–15	HP compaq 610	Hewlett-Packard Company (Palo Alto, CA)	Dermatologie, Pädiatrie, Pädiatrie, Milchküche, Neonatologie
6	Medion akoya	Medion AG (Essen)	Mikrobiologisches Labor
10	Maxdata Pro6100W	MAXDATA GmbH (Marl)	Neurologie
16–20	Asus X51RL	Asus Computer GmbH (Ratingen)	Augenheilkunde

Tabelle 2: Freisetzung von Mikroorganismen von Laptops innerhalb 5 min Luftsammlung ohne bzw. mit laufendem Gebläse

Laptop Nr.	ohne laufendes Gebläse (Leerwert)		während laufendem Gebläse	
	KbE/m ³	Erreger	KbE/m ³	Erreger
1	34	6ML, 6aS, 22S	40	6ML, 43aS, 2S
2	30	14KNS, 2MSSA, 10ML, 4aS,	34	22KNS, 6 ML, 2 S
4	32	14KNS, 18ML	22	14KNS, 4ML, 4S
7	22	8KNS, 12ML, 2aS	52	18KNS, 24ML, 10aS
8	46	28KNS, 14ML, 4aS	48	6KNS, 36ML, 6aS
11	70	26KNS, 22ML	98	44KNS, 48ML, 2aS, 4S
3	52	32 KNS, 8ML, 4aS, 8S	84	52KNS, 22ML, 8aS, 2S
9	54	26KNS, 28ML	96	54KNS, 368ML, 6S
5	36	12KNS, 22ML, 2S	66	38KNS, 18ML, 10S
12	14	8KNS, 2MSSA, 2aS, 2S	44	28KNS, 14ML, 2aS
13	18	2KNS, 8ML, 8S	42	26KNS, 6ML, 40aS, 6S
14	70	10KNS, 34ML, 24aS, 2S	37	22KNS, 30ML, 22aS
15	22	8KNS, 10ML, 2aS, 2S	74	14KNS, 40ML, 16aS, 4S
6	68	10KNS, 8ML, 14aS, 36S	100	10KNS, 20ML, 6aS, 64S
10	42	20KNS, 18ML, 4S	80	48KNS, 2hS, 22ML, 4aS, 4S
16	50	22KNS, 20ML, 4aS, 4S	50	4KNS, 30ML, 10aS, 6S
17	58	22KNS, 30ML, 6aS	50	20KNS, 22ML, 4aS, 4S
18	36	20KNS, 8ML, 8aS	44	18KNS, 24ML, 2aS
19	16	14KNS, 12ML, 6S	26	2KNS, 22ML, 2aS
20	32	12KNS, 14ML, 4aS, 2S	60	26KNS, 32 ML, 2S
s	40,1		49,2	
±	17,9		23,9	

KNS = koagulase negative Staphylokokken, MSSA = Methicillin sensibler Staphylococcus aureus, ML = Micrococcus luteus; hS = β -hämolyisierende Streptokokken, aS = aerobe Sporenbildner, S = Schimmelpilze

gerspektrum konnte kein Zusammenhang hergestellt werden.

Die Ergebnisse der Abstriche am Gebläseauslass waren im Direktausstrich 16-mal ohne Wachstum. In den übrigen vier Fällen waren nur Vertreter der Hautflora bzw. aerobe Sporenbildner nachweisbar. Selbst nach Anreicherung blieben 6 Abstriche negativ und das Erregerspektrum änderte sich nicht (Tabelle 3). Die Befunde waren so uniform, dass auf die Zuordnung der Ergebnisse zum Laptopfabrikat verzichtet wurde.

Am Gebläseauslass wurde exemplarisch an einem Gerät der Sorte TravelMate 3000 nach 10 min Betrieb der Software als maximale Temperatur 56,4°C gemessen (Abbildung 4).

Die von der angesaugten Kühlluft umströmten Innenflächen des Laptops erreichten im gleichen Gerät eine Temperatur von 73,2°C (Abbildung 5).

Tabelle 3: Mikrobielle Kontamination des Gebläseauslasses

Anzahl der Laptops	Sofortausstrich (KbE)	Anzahl der Laptops	nach Anreicherung
16	0	6	kein Wachstum
1	2aS	7	aS
1	massenhaft aS	5	KNS
1	2KNS	1	ML und aS
1	1KNS, 6ML	1	ML

KNS = koagulasenegative Staphylokokken, ML = *Micrococcus luteus*; aS = aerobe Sporenbildner

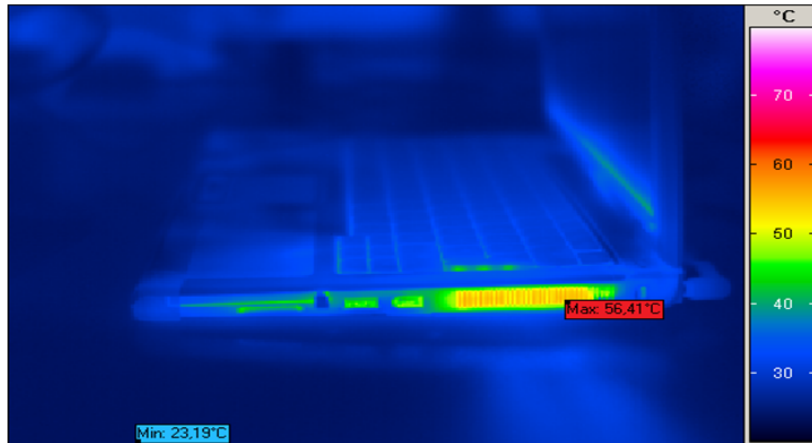


Abbildung 4: Wärmebild der Temperatur am Gebläseauslass

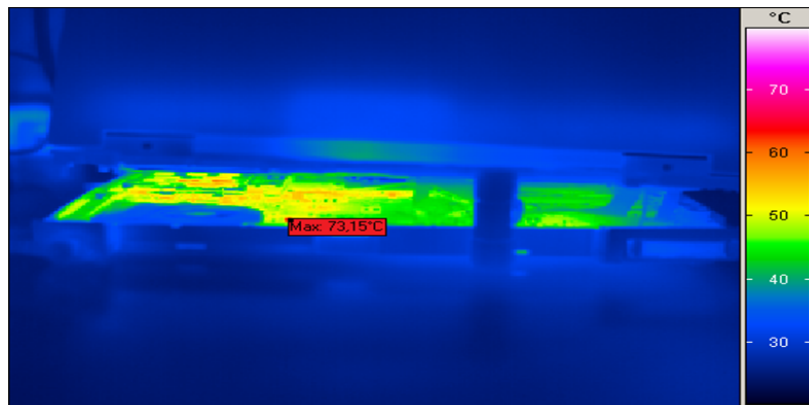


Abbildung 5: Wärmebild vom Innenraum (Bereich der CPU)

Diskussion

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass durch das Einschalten der Gebläse der getesteten Laptops keine zusätzliche Freisetzung nosokomialer Pathogene stattfindet. Auch die Austrittsöffnung des Gebläses war nicht mit nosokomialen Problemerregern kontaminiert.

Aufgrund der hohen Temperaturen der Bauteile im Inneren des PC (bis 73 °C) kommt es nicht zu einer Biofilmbildung auf den den Gebläseraum umschließenden Flächen mit dem Risiko einer hiervon ausgehenden Emission von Krankheitserregern. Selbst an der Austrittsöffnung des Gebläses waren keine aeroben Sporenbildner und keine Schimmelpilze nachweisbar, was sich durch die Temperatur an den Bauteilen des Gasaustrittes erklärt (56 °C). Da sowohl ohne als auch mit eingeschaltetem Gebläse

Sporen freigesetzt wurden, stammen diese offensichtlich von den Außenflächen des Gehäuses und möglicherweise auch aus dem Luftraum des Gebläseteils. Da Sporen und Schimmelpilze eine höhere Persistenz gegenüber trockener Hitze als vegetative Bakterien besitzen, wäre es möglich, dass sie z.T. im Luftraum des Gebläses zumindest kurzfristig überleben. Das ist für nosokomiale vegetative Bakterien allerdings unwahrscheinlich, weil diese am Allgemeinen Temperaturen ≥ 60 °C nicht tolerieren. Da sich das Gebläse eines Laptops erst nach Erhitzung des Prozessors einschaltet, wird erst ab diesem Zeitpunkt die umgebende Raumluft zur Kühlung angesaugt. Da sich die Luft dabei jedoch sofort erwärmt und getrocknet wird, haben vegetative Bakterien offensichtlich keine Möglichkeit, an der Innenauskleidung des Gebläses anzuhängen, sich dort zu vermehren und ggf. sogar einen Biofilm zu bilden. Die Erklärung hier für ist, dass die meisten

Krankheitserreger mesophil sind, d.h. sie vermehren sich bevorzugt in einem Temperaturbereich von 15–45 °C [14] und benötigen zur Biofilmbildung auf Flächen Wasser zur Ausbildung einer vollständig hydratisierten EPS-Matrix [15]. Die Interpretation der Befunde wird dadurch gestützt, dass an den luftdurchströmten Innenflächen des Laptops die Sofortausstriche ausnahmslos negativ waren. Nach Anreicherung waren nur aerobe Sporenbildner kultivierbar.

Wenn sich die verbliebene warme Luft im Luftraum des Gebläseteils nach dem Abschalten des Laptops abkühlt, ist es möglich, dass durch die Volumentraktion kontaminierte Außenluft in den Luftraum des Gebläseteils nachströmt. Da allerdings die Raumluft im Stationsbereich normalerweise mikrobiell nur gering belastet ist (z.B. 200–400 KbE/m³ im Patientenzimmer und Stationsflur einer Intensivstation; [13]), liegt rein rechnerisch der Anteil bei einem Rückstrom von etwa 2 cm³ Raumluft in den Laptop gelangender Erreger deutlich unter 1 KbE, so dass auch bei ausgeschalteter Kühlung keine Bedingungen für eine Biofilmbildung gegeben sind.

Damit ist es im Stationsbetrieb ausreichend, die Tastaturen und die Bedienmaus einer regelmäßigen mindestens arbeitstäglichen desinfizierenden Reinigung zu unterziehen.

Literatur

- Rutala WA, White MS, Gergen MF, Weber DJ. Bacterial contamination of keyboards: efficacy and functional impact of disinfectants. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2006;27(4):372-7. DOI: 10.1086/503340
- Anderson G, Palombo EA. Microbial contamination of computer keyboards in a university setting. *Am J Infect Control.* 2009;37(6):507-9. DOI: 10.1016/j.ajic.2008.10.032
- Hartmann B, Benson M, Jünger A, Quinzio L, Rohrig R, Fengler B, Färber UW, Wille B, Hempelmann G. Computer keyboard and mouse as a reservoir of pathogens in an intensive care unit. *J Clin Monit Comput.* 2004;18(1):7-12. DOI: 10.1023/B:JOCM.0000025279.27084.39
- Fukada T, Iwakiri H, Ozaki M. Anaesthetists' role in computer keyboard contamination in an operating room. *J Hosp Infect.* 2008;70(2):148-53. DOI: 10.1016/j.jhin.2008.05.023
- Dogan M, Feyzioglu B, Ozdemir M, Baysal B. Investigation of microbial colonization of computer keyboards used inside and outside hospital environments. *Mikrobiyol Bul.* 2008;42(2):331-6.
- Lu PL, Siu LK, Chen TC, Ma L, Chiang WG, Chen YH, Lin SF, Chen TP. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and *Acinetobacter baumannii* on computer interface surfaces of hospital wards and association with clinical isolates. *BMC Infect Dis.* 2009;9:164. DOI: 10.1186/1471-2334-9-164
- Schultz M, Gill J, Zubairi S, Huber R, Gordin F. Bacterial contamination of computer keyboards in a teaching hospital. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2003;24(4):302-3. DOI: 10.1086/502200
- Wilson AP, Ostro P, Magnussen M, Cooper B. Laboratory and in-use assessment of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* contamination of ergonomic computer keyboards for ward use. *Am J Infect Control.* 2008;36(10):19-25. DOI: 10.1016/j.ajic.2008.09.001
- Coia JE, Masterton RG. Computer keyboards as a risk for nosocomial infection. *Am J Infect Control.* 2001;29(5):345. DOI: 10.1067/mic.2001.117616
- Panknin HT. MRSA contamination of computer keyboards: an indirect marker of hand hygiene? *Kinderkrankenschwester.* 2010;29(3):121-2.
- Wilson AP, Hayman S, Folan P, Ostro PT, Birkett A, Batson S, Singer M, Bellingan G. Computer keyboards and the spread of MRSA. *J Hosp Infect.* 2006;62(3):390-2. DOI: 10.1016/j.jhin.2005.09.007
- Fellowes C, Kerstein R, Clark J, Azadian BS. MRSA on tourniquets and keyboards. *J Hosp Infect.* 2006;64(1):86-8. DOI: 10.1016/j.jhin.2006.04.018
- Wackerow R. Lässt sich die Luftkeimbelastung auf einer Intensivtherapiestation durch ein konsequentes Schleusungsregime verringern? [Dissertation]. Greifswald: Med Fak Univ Greifswald; 1999.
- Schauer F. Wachstum, Persistenz, Resistenz. In: Kramer A, Assadian O (Hrsg). *Wallhäußers Praxis der Sterilisation, Desinfektion, Antiseptik und Konservierung.* Stuttgart: Thieme; 2008. pp. 9-19.
- Flemming HC, Neu TR, Wozniak DJ. The EPS matrix: the "house of biofilm cells". *J Bacteriol.* 2007;189(22):7945-7. DOI: 10.1128/JB.00858-07

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. med. Axel Kramer
Institut für Hygiene und Umweltmedizin,
Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Walther-Rathenau-Straße
49a, 17489 Greifswald, Deutschland
kramer@uni-greifswald.de

Bitte zitieren als

Siegmond K, Hübner N, Heidecke CD, Brandenburg R, Rackow K, Benkhail H, Schnaak Volker, Below H, Dornquast T, Assadian O, Kramer A. Are laptop ventilation-blowers a potential source of nosocomial infections for patients? *GMS Krankenhaushyg Interdiszip.* 2010;5(2):Doc07.
DOI: 10.3205/dgkh000150, URN: urn:nbn:de:0183-dgkh0001509

Artikel online frei zugänglich unter

<http://www.egms.de/en/journals/dgkh/2010-5/dgkh000150.shtml>

Veröffentlicht: 21.09.2010

Copyright

©2010 Siegmond et al. Dieser Artikel ist ein Open Access-Artikel und steht unter den Creative Commons Lizenzbedingungen (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.de>). Er darf vervielfältigt, verbreitet und öffentlich zugänglich gemacht werden, vorausgesetzt dass Autor und Quelle genannt werden.