

**Stellen Patientenarbeitsplatzcomputer eine Quelle oder ein  
Übertragungsmedium für exogene, nosokomiale  
Infektionserreger dar?**

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
des Fachbereichs Humanmedizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Vorgelegt von Michael Blazek  
aus Prag (Tschechien)

Gießen 2005

Aus dem Zentrum für Chirurgie, Anaesthesiologie und Urologie  
Abteilung Anaesthesiologie, Intensivmedizin, Schmerztherapie  
Direktor: Prof. Dr. Dr. Gunter Hempelmann  
des Universitätsklinikums Gießen - Marburg  
Standort Gießen

Gutachter: PD Dr. A. Junger

Gutachter: Prof. Dr. Th. Eikmann

Tag der Disputation: 31.01.2006

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>I Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>II Hintergrund und Fragestellung der Arbeit</b> .....	<b>2</b>
II.1 Benutzung von Computern in der Intensivmedizin und Anästhesie .....	2
II.2 Nosokomiale Infektionen .....	3
II.2.1 Definition und Einführung.....	3
II.2.2 Pathoätiologie und Einteilung.....	4
II.2.3 Erregerspektrum .....	5
II.3 Bakterien und Pilze als Erreger nosokomialer Infektionen .....	7
II.3.1 Übersicht.....	7
II.3.2 Bakterielle Erreger nosokomialer Infektionen .....	8
II.3.3 Pilze als Erreger nosokomialer Infektionen.....	11
II.4 Tenazität ausgewählter Erreger von nosokomialen Infektionen .....	12
II.4.1 Grampositive Erreger.....	12
II.4.2 Gramnegative Erreger.....	13
II.4.3 Pilze .....	13
II.5 Zielsetzung und Fragestellung.....	14
<b>III Material und Methodik</b> .....	<b>15</b>
III.1 Materialien .....	15
III.1.1 Untersuchte Computermodelle .....	15
III.1.2 Raumluftechnische Anlagen in den untersuchten Bereichen.....	19
III.1.3 Materialien für die physikalische Untersuchung.....	20
III.1.4 Materialien für die mikrobiologische Untersuchung .....	20
III.2 Methodik .....	22
III.2.1 Physikalische Messungen.....	22
III.2.2 Mikrobiologische Methodik.....	27
III.2.3 Statistik.....	36
<b>IV Ergebnisse</b> .....	<b>38</b>
IV.1 Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen .....	38
IV.1.1 Ergebnisse der Temperaturmessungen .....	38
IV.1.2 Ergebnisse der Luftfeuchtmessungen .....	41
IV.1.3 Ergebnisse der Luftgeschwindigkeitsmessungen.....	43
IV.1.4 Optische Darstellung der Luftströmung .....	44
IV.1.5 Ergebnisse der semiquantitativen Staubbelastung.....	46
IV.2 Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen.....	48
IV.2.1 Im Bereich pädiatrische Intensivstation .....	48
IV.2.2 Im Bereich operative Intensivstation.....	51

IV.2.3 <i>Im operativen Bereich</i> .....	54
IV.3 Ergebnisse der mykologischen Untersuchung (21°C ± 1°C).....	57
IV.3.1 <i>Im Bereich pädiatrische Intensivstation</i> .....	57
IV.3.2 <i>Im Bereich operative Intensivstation</i> .....	60
IV.3.3 <i>Im operativen Bereich</i> .....	63
IV.4 Ergebnisse der mykologischen Untersuchungen (36°C ± 1°C).....	66
IV.4.1 <i>Im Bereich pädiatrische Intensivstation</i> .....	66
IV.4.2 <i>Im Bereich operative Intensivstation</i> .....	69
IV.4.3 <i>Im operativen Bereich</i> .....	72
<b>V Diskussion</b> .....	<b>76</b>
V.1 Ziel der Arbeit und Fragestellung .....	76
V.2 Methoden .....	77
V.3 Ergebnisse .....	78
V.4 Schlussfolgerung.....	84
<b>VI Zusammenfassung und Abstract</b> .....	<b>85</b>
<b>VII Literaturverzeichnis</b> .....	<b>87</b>
<b>VIII Eigene Publikationen zum Dissertationsthema</b> .....	<b>91</b>
<b>IX Anhang</b> .....	<b>92</b>
IX.1 Abbildungen .....	92
IX.2 Abkürzungsverzeichnis .....	98
IX.3 Ehrenerklärung.....	99
IX.4 Danksagungen .....	100
IX.5 Lebenslauf.....	101

## I EINLEITUNG

Gemäss der NIDEP-Studie (Nosokomiale Infektionen in Deutschland, Erfassung und Prävention 1995) beträgt die Prävalenz von nosokomialen Infektionen in der Bundesrepublik Deutschland mindestens 3,5% aller im Krankenhaus behandelten Patienten [23,59], auf Intensivstationen nach der EPIC-Studie (European Prevalence of Infection in Intensive Care 1992) teilweise bis zu 31,6% [62,65]. Aufgrund dieser Zahlen stellt die Prävention von nosokomialen Infektionen eine wichtige Aufgabe im Gesundheitswesen dar.

Nach heutiger Lehrmeinung entstehen nosokomialen Infektionen in ca. 60 - 70% als endogene Infektionen, dagegen in ca. 30 - 40% über einen exogenen Infektionsmodus [70]. Die Erkennung und die Eliminierung von möglichen Infektionsquellen im Krankenhaus ist daher von großer Bedeutung.

Zu Beginn dieser experimentellen Arbeit im Mai 2001 wurden in der Tagespresse Computer als medizinische Arbeitsgeräte in der Nähe von Patientenbetten als mögliche Quelle für durch *Aspergillus fumigatus* hervorgerufene Infektionen beschrieben [11]. Als Schlussfolgerung sollten Computer, die in der Nähe von Patientenbetten aufgestellt sind, regelmäßig innen und außen gereinigt und desinfiziert werden [11]. Im März 2002 wurden auf der Computermesse CeBIT (Centrum für Büro- u. Informationstechnik) in Hannover spezielle, lüfterlose Computer („PC ohne Bakterienschleuder“) vorgestellt [52].

Literaturrecherchen in der PubMed (MedLine) (an der Nationalen Bibliothek für Medizin (NLM), beim National Institut of Health (NIH) im Internet) zur Frage von Computern als mögliche Keimquelle für Erreger nosokomialer Infektionen brachten keine aussagefähigen Ergebnisse. Dagegen wurden Oberflächen von Computertastaturen, Computermäusen und Mauspads als potentielles Keimreservoir für nosokomiale Infektionen beschrieben [7,19,27,33].

Dieses war Anlass für die vorliegende Arbeit „Stellen Patientenarbeitsplatzcomputer eine Quelle oder ein Übertragungsmedium für exogene, nosokomiale Infektionserreger dar?“.

Dafür wurden 38 Computer der Abteilung Anaesthesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie, in denen ein PDMS (Patienten-Daten-Management-System) benutzt wird, am Universitätsklinikum der Justus-Liebig-Universität Gießen, untersucht. Bei diesen 38 Computern der 3 Stationen des Klinikums wurden jeweils pro Rechner fünf mikrobiologische Abstriche entnommen und auf ihre quantitative und qualitative Keimbelastung hin untersucht. Um Aussagen über das „Mikroklima“ im Inneren eines Computers machen zu können, wurden zusätzlich Temperatur und Luftfeuchtigkeit untersucht. Zur Feststellung einer möglichen Ausbreitung von Keimen durch den vom Computerlüfter erzeugten Luftstrom, erfolgten Untersuchungen der Luftströmungen.

## II HINTERGRUND UND FRAGESTELLUNG DER ARBEIT

### II.1 Benutzung von Computern in der Intensivmedizin und Anästhesie

Ein grundsätzlicher Bestandteil der ärztlichen Tätigkeit ist die Pflicht zur medizinischen Dokumentation. Diese Verpflichtung zur ärztlichen Aufzeichnung ist in den ärztlichen Berufsordnungen geregelt: „Der Arzt hat über die in Ausübung seines Berufes gemachten Feststellungen und getroffenen Maßnahmen die erforderliche Aufzeichnung zu machen“ (§15/1 der Berufsordnung für die Ärztinnen und Ärzte in Hessen (BOÄH)) [6,40].

Die manuelle Erfassung auf Papier ist die ursprüngliche und einfachste Form der Dokumentation von medizinischen Daten und geht zum Teil ins letzte Jahrhundert zurück [6]. Die Auswertung der Papierdokumentation ist nur mit enormem personellen Aufwand möglich [51], in einigen Veröffentlichungen wird die handschriftliche Dokumentation aus forensischer Sicht sogar für häufig mangelhaft gehalten [6].

Die Dokumentation medizinischer Daten in der Abteilung Anaesthesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie am Universitätsklinikum der Justus-Liebig-Universität Gießen erfolgte bis 1995 ausschließlich manuell auf speziellen Papierprotokollen. Das Universitätsklinikum Gießen ist ein Haus der Maximalversorgung und verfügt über ca. 1.300 Betten. In der Abteilung Anaesthesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie werden an über 100 Arbeitsplätzen pro Jahr ca. 22.000 Anästhesien durchgeführt.

Um effizienter und kostenorientierter arbeiten zu können, wurde 1995 in Gießen die Anästhesie-Dokumentationssoftware NarkoData Version 3.0 (Fa. ProLogic GmbH, Erkrath) eingeführt. Um den unterschiedlichen Anforderungen der Abteilungen gerecht zu werden, wurde eine Weiterentwicklung von NarkoData von Anfang an durch die Arbeitsgruppe EDV der Abteilung Anaesthesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie des Universitätsklinikums Gießen in enger Zusammenarbeit mit den Firmen der Softwareentwicklung (bis 1997 Fa. ProLogic GmbH, Erkrath; ab 1998 Fa. IMESO GmbH, Hüttenberg) betrieben. Ab 1996 erfolgte die komplette Erfassung mit der überarbeiteten und angepassten AIMS (Anästhesie-Informationen-Management-System) NarkoData Version 3.1.0.

Auf der operativen Intensivstation wird die Dokumentation der Patientenakten seit 1999 und auf der pädiatrischen Intensivstation seit April 2000 über das PDMS (Patienten-Daten-Management-System) ICUData (Fa. IMESO GmbH, Hüttenberg) durchgeführt [45].

Um eine patientennahe Datenerhebung zu ermöglichen, wurde jeder Behandlungsplatz auf der pädiatrischen Intensivstation, auf der operativen Intensivstation und in der Operationsabteilung mit vernetzten Arbeitsplatzcomputern ausgestattet.

## II.2 Nosokomiale Infektionen

### II.2.1 Definition und Einführung

Nosokomiale Infektionen machen einen Großteil der während eines Krankenhausaufenthaltes auftretenden Komplikationen aus und können so maßgeblich über Erfolg oder Misserfolg einer Krankenhausbehandlung entscheiden [61].

Eine nosokomiale Infektion ist im Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz §2 Absatz 8) definiert als *„eine Infektion mit lokalen oder systemischen Infektionszeichen als Reaktion auf das Vorhandensein von Erregern oder ihrer Toxine, die im zeitlichen Zusammenhang mit einer stationären oder einer ambulanten medizinischen Maßnahme steht, soweit die Infektion nicht bereits vorher bestand“*. Alle internationalen Studien, die sich mit der Häufigkeit nosokomialer Infektionen befassen, stützen sich auf die Definitionen des Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Diese lässt sich wie folgt zusammenfassen: bei Patienten, die bei der Krankenhausaufnahme keine und frühestens 48 Stunden nach Aufnahme sichtbare Zeichen einer Infektion zeigen und die Inkubationszeit des jeweiligen Erregers nicht deutlich dagegenspricht, gilt diese Infektion als im Krankenhaus erworben. Das CDC definiert weiterhin unterschiedliche Arten von nosokomialen Infektionen bezogen auf Organsysteme, Eingriffe am Patienten u.a. [23,38].

In der NIDEP-Studie (Nosokomiale Infektionen in Deutschland, Erfassung und Prävention 1995), wurde eine Prävalenz für nosokomiale Infektionen von 3,5% der einbezogenen Patienten unter zugrunde legen der CDC-Definitionen ermittelt [23,59]. Das 95%-Konfidenzintervall lag zwischen 3,1 und 3,9%. Aufgrund der methodischen Festlegungen der Studie und der in den Krankenhäusern vorgefundenen Defizite an mikrobiologischer Diagnostik wurde diese Rate als das sichere Minimum der Prävalenz von nosokomialen Infektionen bezeichnet [59]. Nach der 1992 in 1.417 europäischen Intensivstationen von 17 teilnehmenden Ländern durchgeführten EPIC-Studie (European Prevalence of Infection in Intensive Care) lag die Prävalenzrate von nosokomialen Infektionen auf Intensivstationen zwischen 9,7 und 31,6% [62,65].

Zur Frage der Vermeidbarkeit nosokomialer Infektionen liegen Berechnungen aus der SENIC-Studie (Study on the Efficacy of Nosocomial Infection Control Project) vor, die 1976 bis 1985 durch das CDC durchgeführt wurde. Insgesamt gehen seriöse Schätzungen davon aus, dass ca. 25% bis maximal 30% aller nosokomialen Infektionen als vermeidbar einzustufen sind [26,70].

Nosokomiale Infektionen bewirken Verlängerungen der Krankenhausverweildauer im Durchschnitt von 4,0 Tagen je Patient, jedoch unterschiedlich in Abhängigkeit von der Art der nosokomialen Infektion (Pneumonien: 5,9 Tage, postoperative Wundinfektionen: 7,3 Tage,

primäre Sepsis: 7,4 Tage, Harnwegsinfektionen: 1,0 Tage), und verursachen somit auch erhebliche Kosten für die Solidargemeinschaft [38,61,64].

In diesem Zusammenhang sind die für Patienten mit einer nosokomialen Infektion entstehenden Folgeschäden und Folgeprognosen von erheblicher Bedeutung. So ist z.B. bei Patienten mit einer nosokomialen Pneumonie oder Sepsis das Risiko, während Ihres Krankenhausaufenthaltes zu sterben, mehr als doppelt so hoch gegenüber vergleichbaren Patienten ohne nosokomiale Infektion [25,59].

### **II.2.2 Pathoätiologie und Einteilung**

Nosokomiale Infektionen können sowohl endogen als auch exogen entstehen. Endogene Infektionen werden durch Mikroorganismen der Standortflora des betroffenen Patienten unter entsprechenden Voraussetzungen (z.B. Polytraumatisierung, Immunsupprimierung und dauerinvasive, mediko-technische Eingriffe) verursacht [22]. Zu exogenen Infektionen kommt es durch Erreger, die nicht der Standortflora des Patienten entstammen. Sie werden von außen in den Organismus eingebracht und verursachen dort unter entsprechenden Voraussetzungen eine Infektionskrankheit [70].

Für exogene Infektionen bestehen verschiedene Übertragungswege, insbesondere die Hände des medizinischen Personals, kontaminierte Instrumente, Beatmungsgeräte, Flüssigkeiten, Aerosole, kontaminierte Nahrungsmittel u.a. kommen in Betracht [70].

Als Risikobereiche, in denen nosokomiale Infektionen besonders häufig erworben werden, gelten nach der EPIC-Studie besonders der intensivmedizinische Bereiche mit bis zu 31,6% nosokomialen Infektionen, aber auch Anästhesie, operative Pflegestationen, Früh- und Neugeborenenbereiche u.a. [12,14,15,21,49,65,70].

Bei den nosokomialen Infektionen überwiegen mit ca. 60 - 70% die endogenen Infektionen, ca. 30 - 40% sind dagegen exogen bedingte nosokomiale Infektionen [70].

Die wichtigsten nosokomialen Infektionsarten, absteigend nach ihrer Häufigkeit sind Harnwegsinfektionen, Infektionen der unteren Atemwege (davon am häufigsten mit 75% Pneumonien), postoperative Wundinfektionen und primäre Sepsis-Fälle [59] (Abbildung 1).

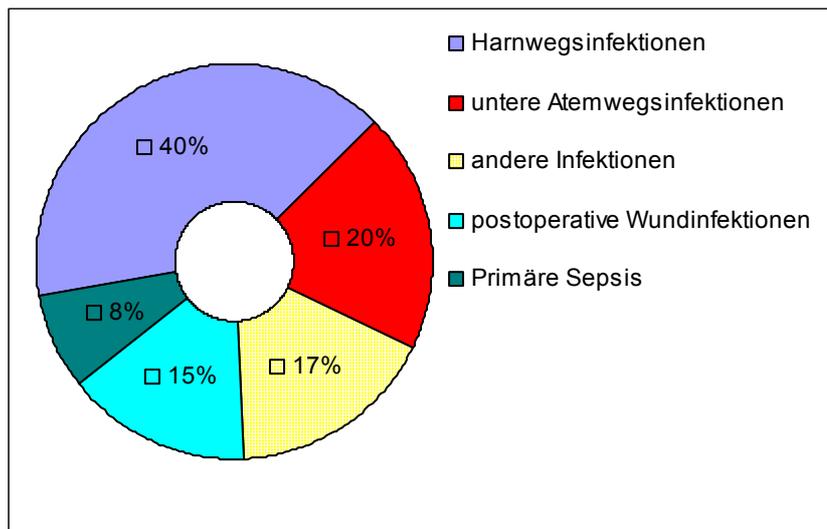


Abbildung 1: Anteile der einzelnen nosokomialen Infektionsarten an allen nosokomialen Infektionen [59].

In der Kategorie „andere nosokomiale Infektionen“ dominieren Haut- und Weichteilinfektionen sowie die intraabdominalen Infektionen und Mundhöhleninfektionen. Alle weiteren nosokomialen Infektionen haben eine Prävalenz von weniger als 0,05% [59].

### II.2.3 Erregerspektrum

Erreger nosokomialer Infektionen sind grampositive Bakterien wie *Staphylokokkus aureus* (*S. aureus*) (ca. 11%), koagulase-negative *Staphylokokken* (KNS) (ca. 8%), und *Enterokokken* (ca. 14%) [38,49,58,59,62].

Des Weiteren treten zunehmend mehr *Enterobacteriaceae* wie *Escherichia coli* (*E. coli*) (ca. 22%), *Pseudomonadaceae* und andere gramnegative, nichtfermentierende Spezies (ca. 7%) als Erreger nosokomialer Infektionen auf [38,49,58,59,62]. Ein besonderes Problem bei nosokomialen Infektionen stellt die Zunahme von Erregern mit besonderen und multiresistenten Eigenschaften (z.B. MRSA: Methicillin-resistente *S. aureus* und ESBL: extended spectrum betalactamase Bildner) dar [35,71].

Die Übertragung der Erreger von nosokomialen Infektionen erfolgt entweder endogen durch Translokation oder bei der exogenen Genese durch direkten oder indirekten Kontakt mit der Keimquelle. Die Übertragungswahrscheinlichkeit exogener nosokomialer Erreger ist unter anderem von deren Überlebensfähigkeit in der Umwelt geprägt.

Einige der oben genannten Keimarten sind durch eine nennenswerte bis extreme Trockenresistenz gekennzeichnet. Dadurch können diese Erreger lange Zeit in der Umgebung überlebensfähig bleiben und von dort mit zeitlicher Verzögerung über verschiedene Wege an empfängliche Patienten gelangen und zu Infektionen führen [38].

Neben bakteriell verursachten nosokomialen Infektionen gewinnen durch Pilze bedingte Krankenhausinfektionen als Resultat eines häufigen Antibiotikaeinsatzes an Bedeutung [5,20,24,32,38,41,55,58,59,64]. Diese Infektionen werden hauptsächlich durch *Candida albicans* und andere *Candida* ssp. (ca. 5,5% aller nosokomialer Infektionen) ausgelöst und manifestieren sich vorwiegend bei immunsupprimierten Patienten, insbesondere Transplantatempfängern und mit „Breitband-Antibiotika“ behandelten Patienten [5,20,24,32,38,41,55,58,59].

Zu den opportunistischen Schimmelpilzen zählen unter anderem die ubiquitär vorkommenden *Aspergillus* sp. und *Mucoraceae*. Infektionen mit diesen Schimmelpilzsporen bedingen bei immunsupprimierten Patienten eine erhöhte Mortalität. Nosokomiale Infektionen durch *Aspergillus fumigatus* (*A. fumigatus*), *A. flavus* und *A. niger*, werden mit zunehmender Häufigkeit bei immunsupprimierten Patienten beobachtet. Dabei erfolgt die Infektion durch Pilzsporen von *Aspergillus* sp. praktisch immer exogen durch Inhalation oder Sedimentation auf eine Wunde [38]. Die Infektion mit *Mucor* sp. erfolgt aerogen. Für das Entstehen einer Mucormykose sind Grundkrankheiten von besonderer Bedeutung, diese beeinflussen die Immunitätslage eines Patienten negativ, so dass der Patient anfälliger für die Infektion wird. Die wichtigsten Manifestationsorte einer Mucormykose sind die Nasennebenhöhlen, die Lunge und der Magen-Darm-Trakt. Die Infektion erfolgt exogen analog dem Infektionsweg von *Aspergillus* sp. [38].

Auch Viren kommen als Erreger nosokomialer Infektionen vor, dabei sind es in der Pädiatrie Rotaviren und respiratorische Viren, ansonsten blutassozierte Viren (insbesondere Hepatitis B-Viren und Hepatitis C-Viren) [9,32]. Bei Viren entfallen unter der Voraussetzung, dass bei mehreren Patienten nacheinander angewendete Medizinprodukte effektiv aufbereitet werden (Reinigung, Desinfektion, ggf. Sterilisation), weitgehend die Möglichkeiten einer Übertragung aus der unbelebten Umwelt. Im Gegensatz zu Bakterien und Pilzen können sich Viren nur in lebenden Zellen, nicht jedoch im Patientenumfeld vermehren, so dass bezüglich einer Virusübertragung immer ein relativ direkter Weg notwendig ist (Tröpfcheninfektion, Kontaktinfektion, direkte Inokulation durch einen kontaminierten Gegenstand in die Blutbahn). Aufgrund der weiten Verbreitung klinisch unauffälliger und persistierender Virusinfektionen bestehen ubiquitär menschliche Virusreservoirs, von denen eine Übertragung auf Krankenhauspatienten möglich ist [9,32,38]. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegen über den Anteil von Virusinfektionen an der Gesamtzahl der nosokomialen Infektionen nur nicht ausreichend gesicherte Daten vor. Gründe hierfür liegen in der grundsätzlich aufwändigeren Diagnostik und der zumindest teilweise langen Inkubationszeit zwischen Infektion und dem Auftreten von Symptomen [38].

## II.3 Bakterien und Pilze als Erreger nosokomialer Infektionen

### II.3.1 Übersicht

Für die unterschiedlichen Arten bzw. Lokalisationen von nosokomialen Infektionen bestehen relativ spezifische und unterschiedliche Erregerspektren. In der Tabelle 1 sind diese unterschiedlichen Erregerspektren für die häufigsten nosokomialen Infektionen dargestellt [22,38,49,59].

Tabelle 1 Unterschiedliche Erregerspektren nach ihrer Häufigkeit absteigend aufgeführt, jeweils für die häufigsten nosokomialen Infektionen.

<b>Nosokomiale Harnwegsinfekte</b>	<b>Gefäßkatheterassoziierte Infektionen</b>
Escherichia coli	koagulase-negative Staphylokokken
andere Enterobacteriaceae	Staphylokokkus aureus
Enterokokken	Enterokokken
Pseudomonas aeruginosa	Enterobacteriaceae
	Candida sp.
<b>Nosokomiale Pneumonien</b>	<b>Nosokomiale Sepsis</b>
<u>vor dem 5-7 Tag</u>	koagulase-negative Staphylokokken
Pneumokokken	Staphylokokkus aureus
Haemophilus influenzae	Escherichia coli
Moraxella catarrhalis	andere Enterobacteriaceae
Staphylokokkus aureus	Streptokokken
<u>ab dem 5-7 Tag</u>	Candida sp.
Enterobacteriaceae	Pseudomonas aeruginosa
Pseudomonas aeruginosa	andere gramnegative "Nonfermenter"
Staphylokokkus aureus	
Candida sp.	
<b>Postoperative Wundinfektionen</b>	
Staphylokokkus aureus	
Enterokokkus ssp.	
Pseudomonas aeruginosa	
Enterobacteriaceae	
β-hämolyisierende Streptokokken	
koagulase-negative Staphylokokken	

Insgesamt sind gramnegative Keime die häufigsten Erreger nosokomialer Harnwegsinfektionen [22,49,58,59,62]. Es werden in bis 40 - 60% E. coli, in ca. 5 - 14% Candida albicans, in ca. 10 - 14% Enterokokkus sp., in ca. 11% Pseudomonas aeruginosa (P. aeruginosa) und andere Keime nachgewiesen [22,24,41,49,58,59,62].

Erreger von nosokomialen Pneumonien sind dagegen vor allem S. aureus und P. aeruginosa mit jeweils ca. 20 %, im weiteren Enterobacteriaceae [49,59]. Bei stark immunsupprimierten Patienten können Cryptokokkus neoformans, Aspergillus sp., Mucor sp. und Candida ssp. als Erreger nosokomialer Infektionen nachgewiesen werden [49].

Postoperative Wundinfektionen mit dem Nachweis von S. aureus in 20 - 25% (teilweise auch bis zu 80% [22]), Enterokokkus sp. in 11 - 15%, P. aeruginosa in 10 - 15%,

Enterobacteriaceae in 7 - 10%, und andere, zeigen ebenfalls ein anderes Erregerspektrum [22,41,49,58,59,62].

### II.3.2 Bakterielle Erreger nosokomialer Infektionen

#### *Staphylokokken*

Staphylokokken gehören zu der Familie der Micrococcaceae. Die für die Humanmedizin wichtigste Spezies der Gattung Staphylokokkus ist *S. aureus*. Er bildet Plasmakoagulase als Unterscheidungsmerkmal zu KNS. Die Plasmakoagulase ist ein Enzym mit Thrombinfunktion und bewirkt die Bildung von Abszessen. *S. aureus* ist ein häufiger Erreger nosokomialer Infektionen und verursacht Pyodermien, Weichteilinfektionen, Septikämien, Organinfektionen, u.a.. Zu den durch Toxine verursachten Krankheitsbildern gehören die *S. aureus* bedingte Lebensmittelvergiftung, das *Toxic-Schock-Syndrom* und das *Scalded Skin Syndrom* [28,43,57].

KNS gelten als klassische Opportunisten, die nur unter besonderen Bedingungen Krankheiten verursachen. Vor allem postoperative Wundinfektionen, Fremdkörper-assoziierte Infektionen, Harnwegsinfektionen, Septitiden und Peritonitiden werden durch sie verursacht. Häufigste Vertreter dieser Spezies sind *Staphylokokkus epidermidis* als physiologischer Hautkeim und *Staphylokokkus saprophyticus* als Erreger des Dysurie-Syndroms [28,43,57].

Mikrokokken gehören zur Gattung der Staphylokokken und kommen maßgeblich in der normalen Haut- und Schleimhautflora von Menschen und Tieren vor. Ihre klinisch-praktische Bedeutung als Krankheitserreger ist nach heutiger Lehrmeinung zu vernachlässigen [28,36,43].

#### *Streptokokken*

*Streptokokkus pyogenes*, *Streptokokkus agalactiae* und *Streptokokkus pneumoniae* sind in dieser Spezies als Erreger nosokomialer Infektionen von Bedeutung. Zu den Streptokokken, die zur normalen apathogenen Standortflora der Mundschleimhaut beim Menschen zählen, gehört u. a. *Streptokokkus salivarius*. *Streptokokkus pyogenes* verursacht Toxin-vermittelte Erkrankungen (Scharlach), eitrige Infekte (Tonsillitis, Pharyngitis, Pyodermie, Erysipel, Impetigo, Phlegmone und Sepsis) und nicht eitrige Folgeerkrankungen, wie akutes rheumatisches Fieber (Endo-, Myo-, Perikarditis, Polyarthritiden, u.a.) und akute Glomerulonephritis [28,36,43].

*Streptokokkus agalactiae* ist Verursacher von Septitiden, *Streptokokkus pneumoniae* von Pneumonien, Septitiden und bakteriellen Meningitiden [28,36,43].

### *Enterokokken*

Enterokokken gehören zur Gattung der Streptokokken (Streptokokken der serologischen Gruppe D eingeteilt nach Lancefield). Ihr physiologischer Standort ist der Darm von Mensch und Tier. Enterokokken besitzen als Opportunisten nur eine geringe Virulenz, werden aber häufig als Bestandteil einer Mischflora bei nosokomialen Infektionen beobachtet. Zu den Enterokokken, die nosokomiale Infektionen auslösen können, zählen vor allem *Enterokokkus faecalis* und *Enterokokkus faecium*.

Sie verursachen eitrige Harnwegs-, Weichteil-, intraabdominelle Infektionen (Abszesse, Peritonitis), Endokarditis und Sepsis [28,36,43,57].

### *Enterobacteriaceae*

Enterobacteriaceae sind gramnegative, nichtsporenbildende, fakultativ anaerobe, teils bewegliche (begeißelte) Stäbchenbakterien, die überwiegend zur physiologischen Darmflora gehören, einige Spezies besiedeln auch Pflanzen und aquatische Standorte. Enterobacteriaceae besitzen ein spezifisches Antigen, das ECA (Enterobacteriaceae-common-Antigen). Zu den pathogenen Spezies der Familie der Enterobacteriaceae gehören die Gattung *Escherichia* (*E. coli* häufigster Erreger nosokomialer Infektionen aus dieser Gattung), *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Proteus*, *Morganella*, *Salmonella*, *Shigella* und *Yersinia* [28,36,43,57].

Enterobakterien können sowohl nosokomiale Infektionen, als auch nicht im Krankenhaus erworbene Infektionen verursachen. Sie sind unter anderem Verursacher von Harnwegs-, Wund-, Gallenwegsinfektionen, Peritonitis und Sepsis. *E. coli* können bei Säuglingen eine Meningitis im Rahmen einer perinatal erworbenen Infektion verursachen [28,36,43,57].

### *Pseudomonadaceae*

Die Familie der Pseudomonadaceae gehört zur Gattung der anspruchslosen, nicht fermentierenden, gramnegativen, nicht sporenbildende Stäbchenbakterien. Der für die Humanmedizin wichtigste Vertreter ist die Spezies *P. aeruginosa*. Er ist ein Umgebungskeim, der sich in Boden, Wasser, auf Nahrungsmitteln und im Krankenhaus in sogenannten Nasszonen (d.h. im Ansammlungsbereich von Wasser) hält. Als Erregerreservoir sind vor allem medizinische Geräte (z.B. Respiratoren), kontaminierte Medikamente und Wasserquellen wichtig. Übertragungen durch mangelnde (Hände-) Hygiene sind beim medizinischen Pflegepersonal von entscheidender Bedeutung.

*P. aeruginosa* zählt zu den Erregern, die bei nosokomialen Infektionen häufig nachgewiesen werden und verursacht Infektionen des unteren Respirationstraktes, des Urogenitaltraktes, von Wunden, seltener Infektionen der Meningen und der Blutbahn (Septitiden).

Das Auftreten von nosokomialen Infektionen durch *P. aeruginosa* wird durch medizinische Maßnahmen wie künstliche Beatmung, Dauerkatheter und Operationen begünstigt [28,36,43].

#### *Acinetobacter*

*Acinetobacter* sp. gehören zur Familie der Moraxellaceae, eine Gattung von nicht fermentierenden gramnegativen Bakterien. Es handelt sich um obligat aerobe gramnegative Kurzstäbchen. Ihr natürliches Habitat sind Boden und Wasser, sie finden sich jedoch auch in der Standortflora von Menschen.

*Acinetobacter* sp. werden als Erreger nosokomialer Infektionen angesehen und verursachen Beatmungs-assoziierte Pneumonien, Septitiden, Meningitiden und Harnwegsinfekte [28,36,43,59].

#### *Neisseriaceae*

Neisseriaceae sind gramnegative, aerobe Kokken. Es handelt sich um obligate Schleimhautparasiten, die außerhalb des menschlichen Körpers rasch absterben. Zu den humanpathogenen Erregern dieser Gruppe gehören *Neisseria gonorrhoeae* und *Neisseria meningitidis*. *N. gonorrhoeae* verursacht die Gonorrhoe und *N. meningitidis* ist Verursacher von Meningitis und Sepsis. Alle übrigen Arten der Gattung *Neisseria* wie *N. subflava* gehören zur physiologischen Standortflora der menschlichen Schleimhäute und gelten nach heutiger Lehrmeinung als apathogen [28,43,57].

#### *Aerobe mesophile Sporenbildner*

Verschiedene aerobe und anaerobe Bakterien besitzen die Fähigkeit, Sporen zu bilden. Die lebensnotwendigen Zellstrukturen werden dabei auf engstem Raum gespeichert und mit einer wenig durchlässigen Sporenwand umgeben, die vor Austrocknung und anderen Umwelteinflüssen schützt. Selbst hohe Temperaturen halten Sporen aus, trockene Hitze besser als feuchte Hitze, wie sie bei der Sterilisation verwendet wird. Zusätzlich haben Sporen einen extrem herabgesetzten Stoffwechsel, was sie befähigt, auch bei extremen Nährstoffmangel lange überlebensfähig zu bleiben [28,43,57].

Unter den ca. 50 verschiedenen *Bacillus* ssp. gibt es nach jetziger Lehrmeinung neben *Bacillus cereus* als Verursacher von Lebensmittelintoxikationen nur eine Spezies, die von humanpathogener Bedeutung ist: *Bacillus anthracis*, dessen natürliches Habitat der Boden ist [28,43,57].

*Bacillus anthracis* verursacht Milzbrandinfektionen, wie den Hautmilzbrand (Wundinfektionen, Hornhautulkus, Endophthalmitis), den Lungenmilzbrand oder den Darmmilzbrand [28,43,57].

### II.3.3 Pilze als Erreger nosokomialer Infektionen

Von der auf 100.000 bis 250.000 geschätzten Gesamtzahl der bekannten Pilzarten können nur ca. 180 Arten Erkrankungen von Menschen und Tieren verursachen. Da die naturwissenschaftliche Systematik humanpathogener Pilze teilweise uneinheitlich ist, hat es sich in der Medizin bewährt, Pilze, die medizinisch relevant sind, in das DHS-System nach RIETH einzuteilen [28,31]. In diesem System erfolgt die Einteilung in Dermatophyten (Fadenpilze), Hefen (Sprosspilze) und Schimmelpilze.

Die Inzidenz invasiver Mykosen hat in den letzten beiden Jahrzehnten erheblich zugenommen [5,20,55]. In Europa werden nosokomiale Infektionen, auftretend als klinisch opportunistische Mykosen, hauptsächlich verursacht von *Candida* ssp. (Hefen) und *Aspergillus* ssp. (Schimmelpilze) [39].

Als häufigster Erreger invasiver Candidosen gilt *C. albicans* [54,66].

#### *Candidosen*

Invasive Candidosen sind Infektionen, die nicht auf Haut oder Schleimhäute beschränkt sind, sondern eine Candidämie hervorrufen. Deren Inzidenz hat sich im Zeitraum von 1980 - 1990 fast verdoppelt [1,5]. Meistens handelt es sich um endogene Infektionen bei immunsupprimierten Patienten. Aber auch exogene Infektionen werden zunehmend beobachtet, bei denen die Erreger über die Hände des medizinischen Personals zwischen den Patienten einer Intensivstation oder aber über kontaminierte parenterale Ernährungslösungen und medizinische Instrumente übertragen werden [8,30,67,69].

#### *Aspergillosen*

Ebenfalls zugenommen hat die Inzidenz invasiver Aspergillosen. Kennzeichen invasiver Aspergillosen sind rasch progrediente Gewebepenetrationen, bei denen der Pilz in tiefere Gewebeschichten von Lunge und Nasennebenhöhlen eindringt und von dort auch hämatogen disseminiert wird [16,39]. Der am häufigsten isolierte Erreger dieser Gattung bei Aspergillosen ist *A. fumigatus*, er verursacht ca. 80 - 90% der nachgewiesenen Infektionen. Andere pathogene Erreger dieser Gruppe sind *A. flavus* (10 - 15%), *A. terreus* (2 - 5%), *A. niger* (1 - 2%) und *A. nidulans* (< 1%) [17,18,34,68]. Die verschiedenen Erreger unterscheiden sich in ihrer Virulenz, so verursacht *A. niger* seltener invasive Mykosen als *A. fumigatus* [68].

Nichtinvasive Aspergillosen verlaufen ohne Gewebepenetration und betreffen meist den Respirationstrakt. Es entwickeln sich zum einen allergische bronchopulmonale Aspergillosen (ABPA) bei Asthmatikern mit Hypersensitivität, zum anderen das Aspergillom, eine kompakte Pilzmasse, die in einer präformierten pulmonalen Kaverne heranwächst [16,39]. *Aspergillus* ssp. sind ubiquitär im Boden, abgestorbenen Pflanzenmaterial und der Erde von Topfpflanzen zu finden. Meist handelt es sich bei Infektionen um exogene Infektionen, die

durch massive Mengen von Sporen in der Luft ausgelöst werden [39,40]. In den meisten Studien war jedoch keine Korrelation der Anzahl an Aspergillus-Sporen in der Luft und der Häufigkeit nosokomialer Aspergillosen oder der Kolonisation mit Aspergillus ssp. nachweisbar [29,40,44]. Als ein Übertragungsweg nosokomialer Aspergillosen kommt kontaminiertes Wasser in Sanitärräumen und sekundär daraus die Aerosolbildung in Frage [2,39].

## II.4 Tenazität ausgewählter Erreger von nosokomialen Infektionen

Bakterien und Pilze weisen bestimmte Temperaturbereiche auf, in denen ein Wachstum stattfindet, zusätzlich gibt es ein Temperaturoptimum für das Wachstum. Die Überlebenszeit in der Umgebung wird durch die relative Luftfeuchtigkeit (r.F.), die Umgebungstemperatur und das Material, auf oder in welchem sie sich befinden maßgeblich beeinflusst.

Die jeweilige Tenazität für grampositive Erreger (Tabelle 2) und für gramnegative Erreger (Tabelle 3) ist im folgenden Abschnitt in tabellarischer Form dargestellt [37,46]. Die Tenazität für Candida ssp. und für Aspergillus ssp. wird im darauffolgenden Abschnitt beschrieben.

### II.4.1 Grampositive Erreger

Tabelle 2: Tenazität ausgewählter grampositiver Erreger.  
**D\***= D-Wert= Zeit, innerhalb derer eine Reduktion um eine log-Stufe bei dem angewendeten Inaktivierungsverfahren erfolgt. **K.A.**= Keine Angaben.

	Wachstum		Überlebenszeit				
	von-bis	Optimum	Luft	Staub	Linoleum	Papier	Fliesen
<b>S. aureus</b>	7 - 45°C	30 - 37	<b>93,6 min (D*)</b> bei 32% rel. Luftfeucht. u. 24,4°C	<b>162 d</b> bei 32%rel. Luftfeucht.	<b>3 d</b> bei 22°C	<b>28-35 d</b> bei 18- 24°C	<b>1 d</b> bei 18- 24°C
<b>S. epidermidis</b>	10 -45°C	30 - 37	K.A.	K.A.	K.A.	<b>7-56 d</b> bei 18- 24°C	K.A.
<b>S. pyogenes</b>	K.A.	37	<b>2 d</b> bei 70% rel. Luftfeucht. u. 21°C	<b>70 d</b>	K.A.	K.A.	K.A.
<b>S. pneumoniae</b>	25 -42°C	37	<b>2 d</b> bei 70% rel. Luftfeucht. u. 21°C	<b>12- 20 d</b> je nach rel. Luftfeucht. u. bei 15-20°C	K.A.	K.A.	K.A.
<b>Enterococcae</b>	5 - 45°C	K.A.	K.A.	<b>20-30 d</b> bei Zimmertemp.	K.A.	K.A.	K.A.

## II.4.2 Gramnegative Erreger

Tabelle 3: Tenazität ausgewählter gramnegativer Erreger.  
K.A.= Keine Angaben.

	Wachstum		Überlebenszeit			
	von-bis	Optimum	Luft	Staub	Papier	Wand
<b>E. coli</b>	2,5 - 42°C	K.A.	<b>53 min</b> bei 30% rel. Luftfeucht. u. 27,2°C	<b>4 - 7 d</b>	<b>120 min</b> bei 18-24°C	<b>1 d</b> bei 18-24°C
<b>P. aeruginosa</b>	5 - 42°C	K.A.	<b>480 min</b> bei 70% rel. Luftfeucht. u. 21-26°C	<b>182 d</b> bei 32% rel. Luftfeucht.	<b>10-150 d</b> bei Zimmertemp.	<b>300 min</b> bei 60% rel. Luftfeucht.
<b>H. influenzae</b>	22 - 45°C	37°C	<b>30 min</b> bei 70% rel. Luftfeucht. u. 21-26°C	<b>70 d</b>	K.A.	K.A.

## II.4.3 Pilze

### *Candida ssp.*

*Candida ssp.* repräsentieren neben Bakterien und einigen stets apathogenen Pilzspezies die Standortflora der intestinalen Schleimhäute von Menschen und Tieren. *C. albicans* ist ein obligater intestinaler Schleimhaut-Hefepilz, der nur dann außerhalb des Körpers gefunden wird, wenn zuvor eine Verunreinigung mit Speichel oder Fäkalien vorlag [8,20,53,56,57,60,63,67].

### *Aspergillus ssp.*

*Aspergillus ssp.* sind Schimmelpilze, die in erster Linie in bzw. auf dem Erdboden ubiquitär vorkommen. Durch aerogene Verbreitung sind sie aber auch in Innenräumen und Zimmerpflanzen zu finden [18,29,40,44,57,68]. Ein Wachstum bei *Aspergillus ssp.* ist von 0 - 50°C möglich, dabei liegt das Wachstumsoptimum bei 25 - 35°C.

## II.5 Zielsetzung und Fragestellung

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt beträgt die Prävalenz von nosokomialen Infektionen mindestens 3,5% aller im Krankenhaus behandelten Patienten, auf Intensivstationen teilweise bis zu 31,6% [23,59,62,65]. Aufgrund dieser Zahlen stellt die Prävention von nosokomialen Infektionen eine wichtige Aufgabe im Gesundheitswesen dar.

Nach heutiger Lehrmeinung entstehen nosokomialen Infektionen in ca. 30 - 40% über einen exogenen Infektionsmodus [70]. Das Erkennen und die Elimination von möglichen Infektionsquellen ist daher von großer Bedeutung.

Literaturrecherchen in der PubMed(MedLine) (an der Nationalen Bibliothek für Medizin (NLM), beim National Institut of Health (NIH) im Internet) zur Frage von Computern als mögliche Keimquelle für Erreger nosokomialer Infektionen brachten keine weiterführenden Ergebnisse. Dagegen werden Oberflächen von Computertastaturen, Computermäusen und Mauspads als potentiell Keimreservoir für nosokomiale Infektionen angesehen [7,33,19].

Dieses war Anlaß für die vorliegende Arbeit „Stellen Patientenarbeitsplatzcomputer eine Quelle oder ein Übertragungsmedium für exogene, nosokomiale Infektionserreger dar?“.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden dafür insgesamt 38 Arbeitsplatzcomputer in drei verschiedenen Arbeitsbereichen auf folgende Fragestellung hin untersucht:

1. Ist auf Grund der physikalischen Umgebungsbedingungen in Computern, wie Temperatur und relative Luftfeuchte, ein Überleben und eine Vermehrung von typischen nosokomialen Infektionserregern zu erwarten?
2. Welche mikrobielle Kontamination ist in Patientenarbeitsplatzcomputern zu finden?
3. Wie stark ist die Staubbelastung im Inneren von Computern am klinischen Arbeitsplatz?
4. Besteht ein Zusammenhang zwischen der Staubbelastung innerhalb von Computergehäusen und einer möglichen mikrobiellen Kontamination?
5. Hat der Standort eines Patienten-Arbeitsplatzcomputers eine Auswirkung auf die mikrobielle Kontamination?

**Zusammenfassend soll die Frage beantwortet werden, ob:**

- **Patientenarbeitsplatzcomputer eine Quelle oder ein Übertragungsmedium für exogene, nosokomiale Infektionserreger darstellen.**

## III MATERIAL UND METHODIK

### III.1 Materialien

#### III.1.1 Untersuchte Computermodelle

In dieser Arbeit wurden drei verschiedene handelsübliche Computermodelle, die auf drei Stationen in Betrieb waren untersucht (Tabelle 4 bis 7). Insgesamt erfolgte die mikrobiologische Untersuchung an n=38 Arbeitsplatzcomputern.

Tabelle 4: Aufgeführt sind die Computermodelle, das Anschaffungs-, das Aufstellungsdatum und der Aufstellungsort.

	Anschaffungsdatum	Aufstellungsdatum	Aufstellungsort
Peacock Procida	August 1999	April 2000	Pädiatrische Intensivstation
Acer Power 4400	September 2000	November 2000	Operative Intensivstation
Acer Veriton 5100	Juni 2001	August 2001	Operativer Bereich

Tabelle 5: Computerdaten vom Peacock Procida.

Äußere Maße (B\H\T) :	18,0cm \ 42,9cm \ 43,9cm
Computermodell:	Computerturm = Tower
Netzteil:	Sesonic SS-200 PS R3-1 (100-120 VAC - 5A 50-60Hz) (200-240 VAC - 3A 50 Hz)
Lüfterpolung:	Gebälseluftstrom geht nach außen
Mainboard:	ASUS P2B-S
CPU (Prozessor):	PENTIUM III 400 MHz
Ram:	130,476 KB
Graphikkarte:	ELSA Vikory II (16 MB Speicher)
Soundkarte:	Creative Sound Blaster Audio PCI 64V
Netzwerkkarte:	3 Com Fast EtherLink XL 10/100 MB TXEthernet NIC (3C905B-TX)
Festplatte:	Seagate ST34573LW
Diskettenlaufwerk:	1,44 MB; 3,5 Zoll

Tabelle 6: Computerdaten vom Acer Power 4400.

Äußere Maße (B\H\T) :	36,5cm \ 14,0cm \ 42,0cm
ComputermodeLL:	Schreibtischcomputer = Desktop AP 446F(AP44)
Netzteil:	GRZelka 335 W Schaltnetzteil Typ GP-235 TXS (100-120 VAC - 6A 60Hz) (200-240 VAC - 5A 50 Hz)
Lüfterpolung:	Gebälseluftstrom geht nach außen
Mainboard:	S 61, Apollo Pro 133 A Via_VT82C694X
CPU (Prozessor):	PENTIUM III 733 MHz
Ram:	128 MB
Graphikkarte:	NVIDIA RIVA TNT 2 Modell 64 (32 MB Speicher)
Soundkarte:	on Board
Netzwerkkarte:	3 Com-EtherLink XL 10\100 NIC (3C905-COMBO)
Festplatte:	ST 310212 A; 10 GB
Diskettenlaufwerk:	1,44 MB; 3,5 Zoll

Tabelle 7: Computerdaten vom Acer Veriton 5100.

Äußere Maße (B\H\T) :	45,0cm \ 13,8cm \ 37,5cm
ComputermodeLL:	Schreibtischcomputer = Desktop VT 51BF(VT51)
Netzteil:	GRZelka 335 W Schaltnetzteil Typ GP-235 TXS (100-120 VAC - 6A 60Hz) (200-240 VAC - 5A 50 Hz)
Lüfterpolung:	Gebälseluftstrom geht nach außen
Mainboard:	S 58M; Intel 82801 BA ICH_2
CPU (Prozessor):	PENTIUM III 933 MHz
Ram:	256 MB
Graphikkarte:	NVIDIA RIVA TNT 2 Modell 64 (32 MB Speicher)
Soundkarte:	on Board
Netzwerkkarte:	3 Com-EtherLink XL 10\100 NIC (3C905-COMBO)
Festplatte:	ST 320413 A; 20 GB
Diskettenlaufwerk:	1,44 MB; 3,5 Zoll

Der Zeitraum in dem die mikrobiologischen Untersuchungen durchgeführt wurden, ist in Tabelle 8 dargestellt. Ebenfalls in dieser Tabelle dargestellt sind die verschiedenen Betriebszeiten des jeweiligen Computermodells an seinem jeweiligen Aufstellungsort.

Tabelle 8: Untersuchungszeitraum und Betriebszeit des jeweiligen Computermodells.

ComputermodeLL	Untersuchungs- zeitraum	Betriebsdauer des Computermodells
<b>Peacock Procida</b>	08.05 - 31.07.2002	25-28 Monate auf der pädiatrischen Intensivstation
<b>Acer Power 4400</b>	05.08 - 02.09.2002	21-22 Monate auf der operativen Intensivstation
<b>Acer Veriton 5100</b>	04.09 - 12.09.2002	13 Monate im operativen Bereich

Ab April 2000 waren auf der Intensivstation der Kinderklinik 15 Computer der Firma Peacock (Modell Procida) (Abbildung 2) in Betrieb, ab November 2000 auf der operativen Intensivstation 14 Computer der Firma Acer (Modell Power 4400, medical aproved nach EN

60601-1-1-1) (Abbildung 3) und ab August 2001 im operativen Bereich 15 Computer der Firma Acer (Modell Veriton 5100, medical aproved nach EN 60601-1-1-1) (Abbildung 4).



Abbildung 2: Zwei Arbeitsplatzcomputer Peacock Procida der Anästhesie auf der pädiatrischen Intensivstation (Pfeile).



Abbildung 3: Ein Arbeitsplatzcomputer Acer Power 4400 (medical aproved nach EN 60601-1-1-1) der Anästhesie auf der operativen Intensivstation (Pfeil).



Abbildung 4: Ein Arbeitsplatzcomputer Acer Veriton 5100 (medical approved nach EN 60601-1-1-1) der Anästhesie im operativen Bereich (Pfeil).

### III.1.2 Raumluftechnische Anlagen in den untersuchten Bereichen

In den drei Bereichen, in welchen die Arbeitsplatzcomputer aufgestellt waren (pädiatrische Intensivstation, operative Intensivstation und in der Operationsabteilung „OP-Räume“), sind Raumluftechnische Anlagen gemäss DIN 1946 - Raumluftechnik - Teil IV Raumluftechnische Anlagen in Krankenhäusern (VDI-Lüftungsregeln) vom März 1999 vorhanden. Hier wird für Räume der Raumklassen 1 ein 10 facher Luftwechsel der  $m^3$  der Räume pro Stunde und drei Filterstufen vorgeschrieben. Obschon in derartig klimatisierten Bereichen eine Fensterlüftung nicht statthaft ist, erfolgte dieses nach Aussagen des

Pflegepersonals der pädiatrischen Intensivstation zumindest im Sommer, da die Raumtemperaturen auf eine subjektiv als unangenehm empfundene Höhe anstiegen (persönliche Mitteilung des Pflegepersonals nach Befragung und eigene Beobachtung).

### III.1.3 Materialien für die physikalische Untersuchung

- Datenlogger für Feuchtigkeit und Temperatur EBI-2-TH-611 (ebro Electronic GmbH, Ingolstadt, Deutschland)  
Messbereiche: Feuchtigkeit 0 bis 100% r.F. Genauigkeit  $\pm 2\%$  r.F.  
Temperatur  $-40^{\circ}$  bis  $+75^{\circ}\text{C}$  Genauigkeit  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$
- Datenlogger für Temperatur EBI-125 A (ebro Electronic GmbH, Ingolstadt, Deutschland)  
Messbereiche: Temperatur  $-40^{\circ}$  bis  $+125^{\circ}\text{C}$  Genauigkeit  $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$
- Luftgeschwindigkeitsmessgerät Testo term 452 (Artikel-Nr. 0560.4520, Testo Term, Deutschland)  
Messbereiche: 0 bis 10m/s (optimal: 0 bis 5m/s)  
Genauigkeit:  $\pm 0,05\text{m/s}$
- Luftgeschwindigkeitsmessgerät Strömungssonde (Artikel-Nr. 0635.9449, Testo Term, Deutschland)  
Messbereiche: 0 bis 20m/s  
Genauigkeit:  $\pm 2,5\%$  vom Endwert
- Olympus Digital-Kamera C-2040 Zoom  
Aufnahmebereich:  
Normal: 0,8m bis  $\infty$   
Nahaufnahme: 0,2m bis 0,8m
- Programmier- und Auslesegerät Interface EBI-KSY-AE 2000 mit der Software WINLOG 2000 (ebro Electronic GmbH, Ingolstadt, Deutschland)
- Strömungsprüfröhrchen Dräger (Artikel-Nr. CH25301, Dräger, Lübeck, Deutschland)

### III.1.4 Materialien für die mikrobiologische Untersuchung

- 2ml in 1/50 Glasmesspipette (Artikel-Nr. 1100704, Heinz Herenz Medizinalbedarf GmbH, Hamburg, Deutschland)
- 5x 5cm Sterile Vliesstoffkompressen (PZN 8501204, Beese, Barsbüttel, Deutschland)
- 5ml neoLab<sup>®</sup>-Glasmesspipette (Artikel-Nr. 4-4092, neoLab Migge-Laborbedarf-Vertriebs GmbH, Heidelberg, Deutschland)
- Agglutinations-Schnelltest Slidex Staph Plus (Artikel-Nr. 73115, bioMérieux sa, RCS Lyon, Frankreich)  
1x 0,85ml Flasche mit anti-Staphylokokkus aureus Reagenz  $\text{NaN}_3 < 0,1\%$

1x 0,85ml Flasche Kontrollreagenz

2x 50 Einweg-Rührspatel

- Aqua dest. 1500ml (PZN-6300039, Kendall GmbH, Neustadt, Deutschland)
- BBL<sup>®</sup>Crystal<sup>™</sup> Identification Systems (Artikel-Nr. 245140, Becton Dickinson, Maryland, USA)
- BBL<sup>®</sup>Crystal<sup>™</sup>-N/H Identifizierungssysteme (Artikel-Nr. 245130, Becton Dickinson, Maryland, USA)
- BBL<sup>®</sup>Enterotube<sup>™</sup> II (Artikel-Nr. 273176, Becton Dickinson, Maryland, USA)
- Brutraum 21°C ± 1°C
- Brutraum 36°C ± 1°C
- Bunsenbrenner Labogas<sup>®</sup> 206
- Columbia-Blutagar (Artikel-Nr. 109e, Heipha GmbH, Eppelheim, Deutschland)

Zusammensetzung pro l:

23,0g Spezialpepton; 1,0g Stärke; 5,0g Natriumchlorid; 14,0g Agar; 50ml Schafblut; pH 7,3 ± 0,2; Der Nährboden ist gleichmäßig blutrot gefärbt

- Desinfektionsmittel Antifect<sup>®</sup> Liquid (Artikel-Nr. 108809, Schülke u. Mayr GmbH, Norderstedt, Deutschland)
- Endo-Agar (Artikel-Nr. 117e, Heipha GmbH, Eppelheim, Deutschland)

Zusammensetzung pro l:

13,0g Fleischpepton; 10,0g Lactose; 3,5g Kaliumphosphat; 0,3g Fuchsin; 4,0g Natriumsulfit; 20,0g Agar; pH 7,5 ± 0,2; Der Nährboden ist klar und blassrosa gefärbt

- Enterokokken-Agar (Artikel-Nr. 2191e, Heipha GmbH, Eppelheim, Deutschland)

Zusammensetzung pro l:

20,0g Caseinpepton; 5,0g Hefeextrakt; 5,0g Natriumchlorid; 0,5g Ammoniumeisen(III)-citrat; 1,0g Esculin; 0,15g Natriumazid; 9,9mg Selektivsupplement; 17,0g Agar; pH 7,1 ± 0,2; Der Nährboden ist klar und gelblich gefärbt

- Gram Färbung

Gram Crystal Violet Primary Stain (Artikel-Nr. 212526, Becton Dickinson, Maryland, USA)

Stabalized Gram Jodine Mordant (Artikel-Nr. 212543, Becton Dickinson, Maryland, USA)

Aceton (EC No. 2006622, Sigma-Aldrich Chemie, Steinheim, Deutschland)

Gram Safranin Counterstain (Artikel-Nr. 212532, Becton Dickinson, Maryland, USA)

- Edelstahl-Schablone mit Griff (Eigenherstellung; Abbildung 14):

Außenmasse: (L/B) 6,0cm / 4,0cm

Innenmasse: (L/B) 4,0cm / 2,0cm

Materialstärke: ca. 2mm

- Mikroskop Leitz Ortholox I Seriennummer 727650 Okular 8 / Objektiv 100 mit Öl-Immersion (Leica, Wetzlar, Deutschland)
- Objektträger, geschnitten, zellophanisiert (Artikel-Nr. 1041000, Heinz Herenz Medizinalbedarf GmbH, Hamburg, Deutschland)
- Oxidase-Test-Streifen (Artikel-Nr. 2499, BAG, Lich, Deutschland)
- Pipetus®-akku (Artikel-Nr. N472.1, Carl Roth, Karlsruhe, Deutschland)
- Reagenzglas Rüttler Typ VF2 (IKA-Labortechnik, Staufen im Breisgau, Deutschland)
- Sabouraud-Glucose(4%)-Agar (Artikel-Nr. 3540e, Heipha GmbH, Eppelheim, Deutschland)

Zusammensetzung pro l

5,0g Fleischpepton; 5,0g Caseinpepton; 40,0g Glucose; 15,0g Agar; pH 5,6 ± 0,2;

Der Nährboden ist klar und gelblich gefärbt

- Steriles Abstrichbesteck D2 rot ohne Medium (Artikel-Nr. 1020001, Heinz Herenz Medizinalbedarf GmbH, Hamburg, Deutschland)
- Slidex Strepto-Kit (Artikel-Nr. 58810, bioMérieux® sa, Lyon, Frankreich)
- Wasserstoffperoxid 3% 20ml (EURAB 395)

## III.2 Methodik

### III.2.1 Physikalische Messungen

#### III.2.1.1 Temperatur- und Luftfeuchtheitsmessungen

Die Temperatur- und Luftfeuchtheitsmessungen wurden für jedes Computermodell an dessen Aufstellungsort durchgeführt, die Ergebnisse in ein vorher festgelegtes Protokoll eingetragen. Da davon ausgegangen werden kann, dass das „Mikroklima“ innerhalb der Computer weitgehend identisch ist, wurde nur ein Gerät je Modell über 24h untersucht, diese Untersuchung jedoch insgesamt dreimal durchgeführt. Es wurde auf der operativen Intensivstation ein Acer Power 4400, auf der pädiatrischen Intensivstation ein Peacock Procida und im aseptischen Operationsbereich ein Acer Veriton 5100 untersucht.

Für die Messungen der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit wurden zwei Temperatur-Datenlogger (TDL), und ein Feuchtheits-Temperatur-Datenlogger (FTDL) verwendet. Datenlogger sind elektronische Messgeräte, die je nach Programmierung und Ausführung die Temperatur und Luftfeuchtigkeit in festgelegten Abständen messen und aufzeichnen (speichern) können. Mit dem Programmier- und Auslesegerät Interface und der Software WINLOG 2000® wurden jeweils zwei TDL und ein FTDL programmiert. Die TDL wurden so programmiert, dass sie über einen Zeitraum von 24h alle 5min die Temperatur an

dem im Rechner festgelegten Ort aufzeichneten. Einer der TDL wurde in Netzteilnähe, der andere am Metallgehäuse auf dem Boden des Rechners platziert (Abbildung 5 bis 9).

Der FTDL wurde so programmiert, dass er über einen Zeitraum von 24h alle 5min die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit (r.F.) an dem im Rechner festgelegten Ort aufzeichnete. Er wurde für die Messungen in der Nähe des Prozessor-Lüfters an seiner Öse so aufgehängt, dass ein Kontakt zwischen FTDL und Computerteilen vermieden wurde (im Folgenden als freihängend bezeichnet) (Abbildung 6, 8 und 10). Die Messungen mit den drei Datenloggern über je 24h wurden bei jedem Computermodell insgesamt dreimal durchgeführt.

Nach der Datenerhebung wurden die zwei TDL und der FTDL mit dem Auslese- und Programmiergerät Interface mit der Software WINLOG 2000 ausgelesen und in eine Datentabelle übertragen.



Abbildung 5: Position des TDL in Netzteilnähe im Acer Power 4400 für die Temperaturmessungen (Pfeil).

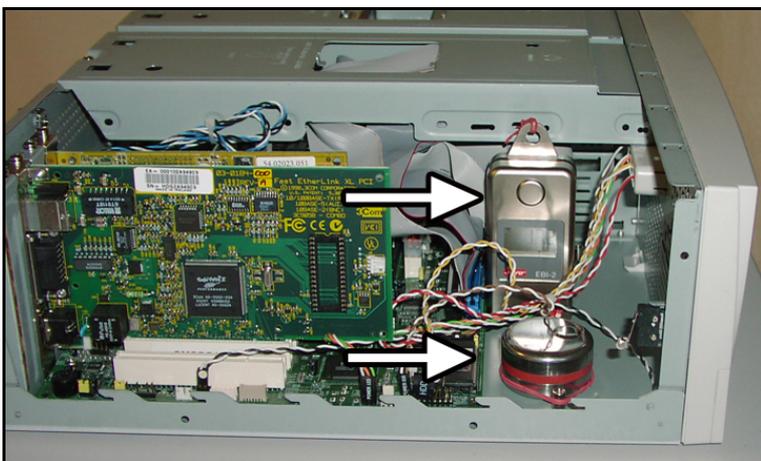


Abbildung 6: Position des TDL am Metallgehäuse befestigt und des FTDL freihängend im Computerinneren im Acer Power 4400 für die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsmessung (Pfeile).

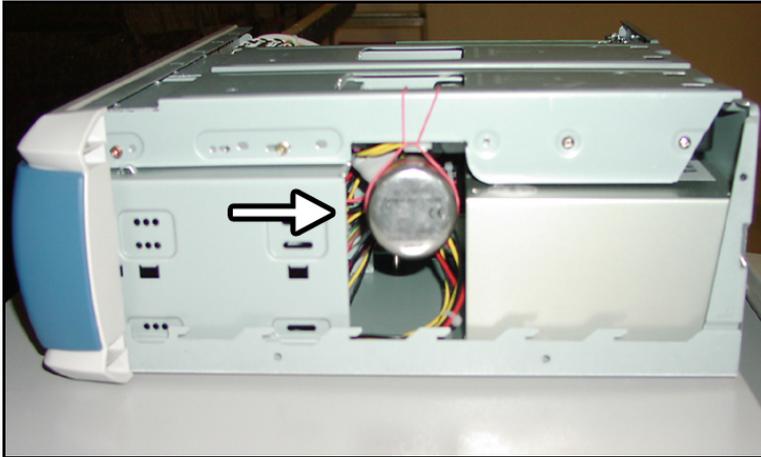


Abbildung 7: Position des TDL in Netzteilnähe im Acer Veriton 5100 für die Temperaturmessungen (Pfeil).

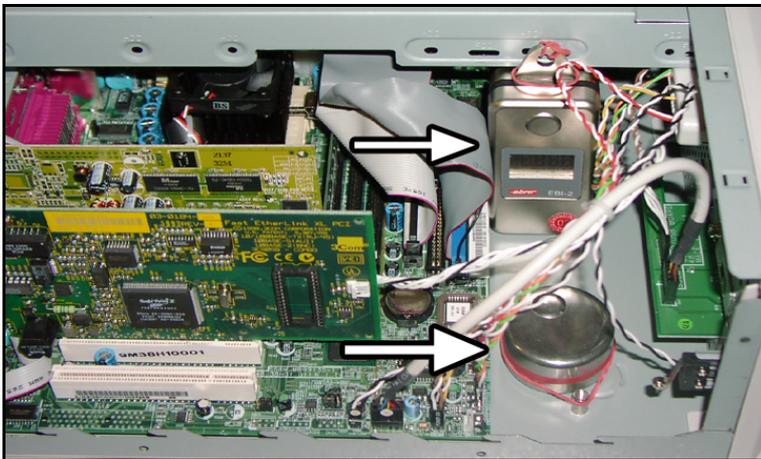


Abbildung 8: Position des TDL am Metallgehäuse befestigt und des FTDL freihängend im Computerinneren im Acer Veriton 5100 für die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsmessung (Pfeile).

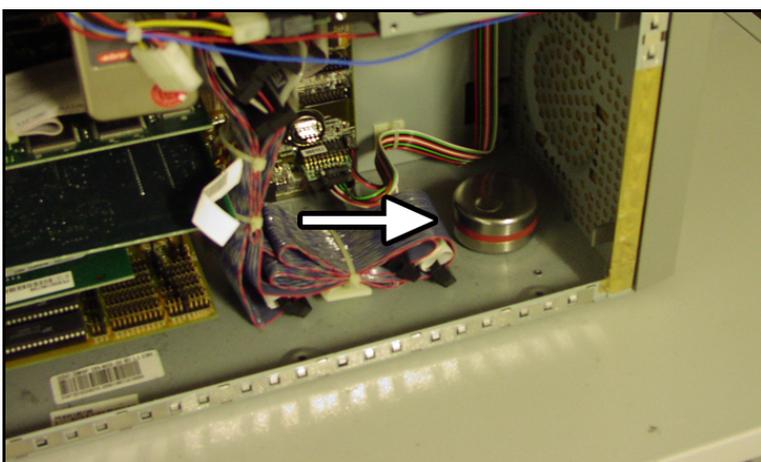


Abbildung 9: Position des TDL am Metallgehäuse im Peacock Procida für die Temperaturmessungen (Pfeil).

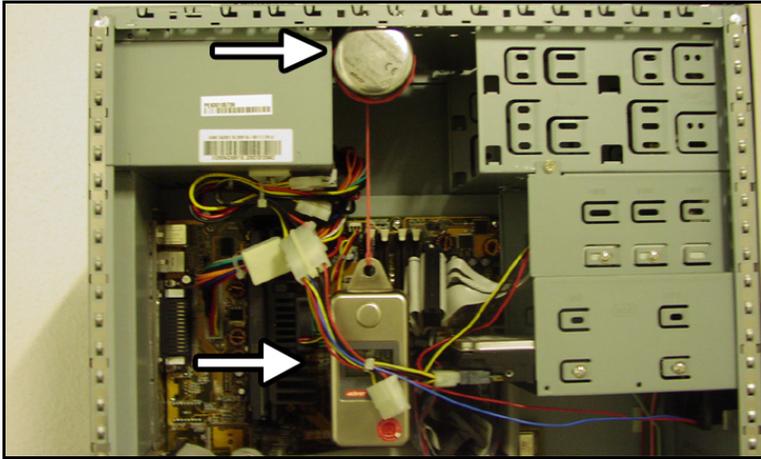


Abbildung 10: Position des TDL in Netzteilmnähe befestigt und des FTDL freihängend im Computerinneren im Peacock Procida für die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsmessung (Pfeile).

### III.2.1.2 Luftgeschwindigkeitsmessungen und Luftstromdarstellungen

In jedem Rechner befinden sich zwei Lüftungssysteme: eines dient dazu, das Netzteil zu kühlen und die im Inneren des Gerätes entstehende Wärme mittels eines Ventilators nach außen zu transportieren. Das zweite Lüftersystem soll die Kühlung der CPU bewirken, indem ein weiterer Ventilator, der dieser aufsitzt, Luft auf dessen Oberfläche transportiert. Während bei dem erstgenannten Lüftersystem ein aktiver Transport der Kühlluft durch den Ventilator über die Lüftungsgitter nach außen erfolgt, findet dieses beim zweitgenannten System nicht statt.

Für die Luftgeschwindigkeitsmessungen wurden die drei ausgewählten Computer benutzt, die ebenfalls für die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsmessungen verwendet wurden. Um durch geringfügige Luftbewegungen möglichst wenig beeinflusste Ergebnisse zu erhalten, erfolgten diese Messungen in einem fensterlosen Raum ohne raumluftechnische Anlage. Die Luftgeschwindigkeit wurde vor dem Netzteil Lüfter mit dem Luftgeschwindigkeitsmessgerät Testo term 452 gemessen und in ein vorher festgelegtes Protokoll eingetragen. In einer Vorversuchsreihe wurden die geeigneten Entfernungen für die Messungen der Luftgeschwindigkeit bestimmt, bei diesen Messungen konnte gezeigt werden, dass es sinnvoll ist, die Messungen in 0cm (d.h. direkt an der Öffnung des Netzteil Lüfters) und in 20cm in Verlängerung der Mittelachse von der Öffnung des Netzteil Lüfters durchzuführen. In einer Entfernung > 20cm in Verlängerung der Mittelachse von der Öffnung des Netzteil Lüfters konnten in den Vorversuchen lediglich Luftgeschwindigkeitswerte ermittelt werden die unter 0,05m/s lagen, und somit nicht auf eine aktive Luftströmung durch den Netzteil Lüfter zurückzuführen waren.

Aus diesem Grund erfolgte die Messung in 0cm Entfernung direkt an der Öffnung des Netzteil Lüfters (Abbildung 11) mit einem Intervall von 20s über 5min, und in 20cm Entfernung von der Öffnung des Netzteil Lüfters (Abbildung 12) mit einem Intervall von 20s über 5min.

Diese Messungen wurden für jedes der drei ausgewählten Computermodelle insgesamt dreimal durchgeführt, und aus diesen Ergebnissen dann der Durchschnittswert in m/s ausgerechnet.



Abbildung 11: Luftgeschwindigkeitsmessung mit dem Testo term in 0cm Entfernung von der Öffnung des Netzteillüfters (Acer Veriton 5100) (Pfeil).



Abbildung 12: Luftgeschwindigkeitsmessung mit dem Testo term in 20cm Entfernung von der Öffnung des Netzteillüfters (Acer Veriton 5100) (Pfeil).

Um zusätzlich zu den Werten der Luftgeschwindigkeitsmessungen die Luftstromausbreitung optisch darzustellen, wurden sogenannte Strömungsprüfröhrchen verwendet. Die Füllschicht des Strömungsprüfröhrchens ist mit rauchender Schwefelsäure imprägniert. Wird mit dem Gebläseball Luft durch das Röhrchen gedrückt, tritt Schwefelsäure-Aerosol in Form von weißem Rauch aus und verbreitet sich mit dem Luftstrom.

In Vorversuchen wurde festgestellt, dass bei einer Zeit von >30s keine genaue Darstellung möglich war. Daher wurden für die optische Darstellung des Luftstromes an der Öffnung des Netzteillüfters ein Strömungsprüfröhrchen angesetzt, auf den Blasebalg Druck ausgeübt und

die Rauchausbreitung nach einer Zeit von 30s mit einer Digitalkamera festgehalten (Abbildung 13).

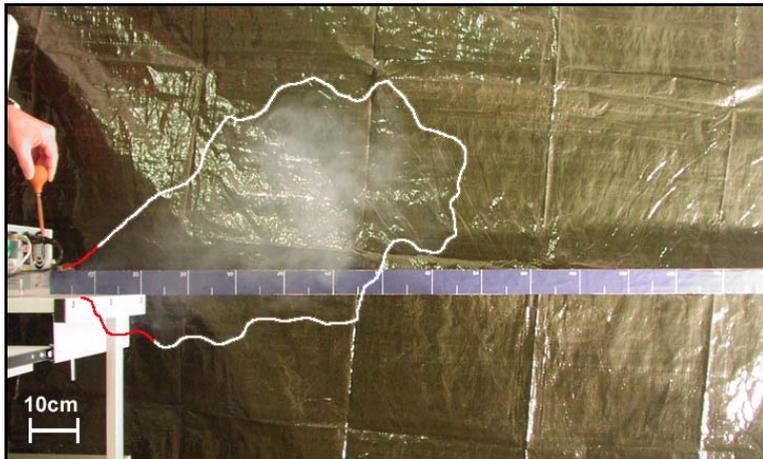


Abbildung 13: Optische Darstellung der Ausbreitung des Luftstromes beim Acer Veriton 5100 nach 30s.

### III.2.2 Mikrobiologische Methodik

#### III.2.2.1 Abstrichgewinnung

An jedem der Arbeitsplatzcomputer wurden Abstriche an vier vorher festgelegten Flächen (drei innen, eine aussen), sowie ein Abstrich von den Oberflächen (Stellplatzflächen) des Stellplatzes unterhalb des Computers entnommen. Diese Abstrichflächen sollten repräsentativ mögliche Kontaminationen innen, außen und unterhalb der Computer erfassen. Es wurden jeweils Flächen, die Kontakt zur äußeren Luft, zur inneren Luft und Flächen, die Kontakt zu beiden Lufträumen haben, untersucht.

Im einzelnen erfolgte jeweils ein Abstrich an den folgenden Flächen:

- **„Lüfter-außen“:** An der äußeren gitterförmigen Gehäuseöffnung des Netzteillüfters. An dieser gitterförmigen Öffnung strömt die Luft aus dem Computerinneren vorbei und gelangt so nach außen. Hier könnten sich Keime, die aus dem Inneren stammen, festsetzen.
- **„Lüfter-innen“:** An der im Inneren des Computers gelegenen schlitzförmigen Netzteillüfteröffnung. An dieser Öffnung strömt die Luft im Rechnerinneren vorbei. Diese Fläche hat nur Kontakt mit der Luft im Rechnerinneren, hier befindliche Mikroorganismen könnten mit dem Luftstrom nach außen transportiert werden.
- **„CPU-Lüfter“:** Der „CPU-Lüfter“ ist ein Lüfter, der im Computer dem Prozessor (*Central-Processing-Unit*) direkt aufsitzt. Er bläst die Luft im Rechnerinneren auf den Prozessor, um diesen zu kühlen. Diese Fläche hat nur Kontakt mit der Luft im Rechnerinneren.

- **„Metallgehäuse-innen“:** Am „Metallgehäuse-innen“ im Rechner. Diese Stelle wird nicht durch einen Lüfter speziell beblasen und hat somit Kontakt mit der zirkulierenden Luft im Computer.
- **„Abstellfläche-unter-PC“:** Die Stellplatzfläche unter dem Computer. Diese Fläche hat nur direkten Kontakt mit der Umgebungsluft des Stellplatzes, nicht dagegen mit der Luft aus dem Computerinneren, und sollte als Kontrolle für eine mögliche Umgebungskontamination herangezogen werden.

#### *Vorbereitung des Abstrichbesteckes*

Für jeden Rechner wurden sechs sterile Abstrichbestecke verwendet. Zur Vorbereitung wurden die verwendeten sterilen Abstrichbestecke eröffnet und ca. 2s in Aqua dest. getaucht. Von den so vorbereiteten sterilen Abstrichbestecken wurden fünf Abstrichbestecke für die festgelegten Abstrichflächen benutzt und ein Abstrichbesteck wurde als Negativkontrolle mitgeführt.

#### *Entnahme des Abstriches*

Um ein semiquantitatives Ergebnis zu erhalten, wurde für die Abstriche eine Metallschablone (Abbildung 14) mit einer festgelegten inneren Abstrichfläche von 8cm<sup>2</sup> eingesetzt. Bei der Dokumentation und im Ergebnisstil wurde die Abstrichfläche von 8cm<sup>2</sup> als Referenzfläche definiert. Vor jedem Abstrich wurde die Metallschablone mit dem alkoholischen Flächendesinfektionsmittel Terralin® Liquid für 1min desinfiziert und danach mit einer sterilen 5 x 5cm Komresse trocken gewischt. Die Schablone wurde auf die Entnahmestelle gesetzt und der innere Bereich der Schablone mit dem Abstrichbesteck gleichmäßig abgefahren. Durch Vermeidung eines direkten Kontaktes vom Abstrichtupfer mit dem inneren Rand der Schablone wurde sichergestellt, dass keine Desinfektionsmittelreste an den Abstrichtupfer gelangten.

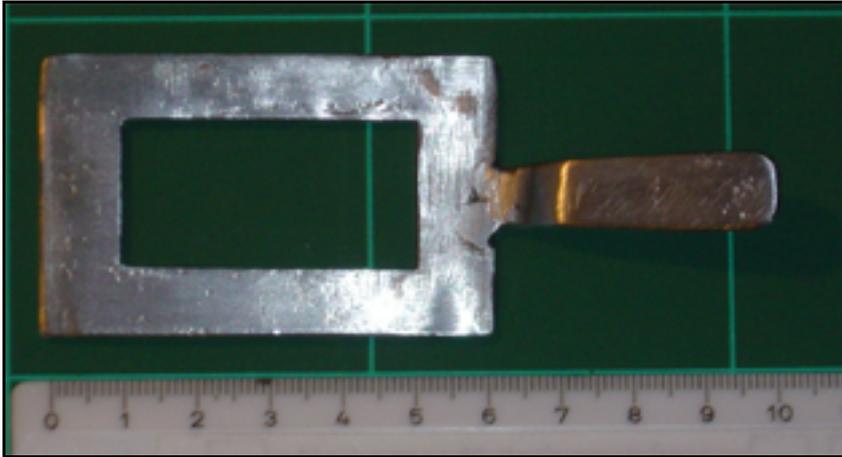


Abbildung 14: Verwendete Schablone für die Abstrichentnahme. Mit einer inneren Abstrichfläche von  $8\text{cm}^2$ . Im weiteren Verlauf als Referenzfläche bezeichnet.

Die Abstriche „Lüfter-außen“ und „Abstellfläche-unter-PC“ wurden direkt am Aufstellungsort des Arbeitsplatzcomputers entnommen. Zusätzlich erfolgte eine Umfeldbeschreibung des Rechners in einem vorher festgelegten Protokoll. In diesem wurden die Höhenangabe des Stellplatzes, sowie die Entfernung zum Patienten, zur nächsten Tür oder zum nächsten Fenster (falls vorhanden) dokumentiert. Die Computer wurden nach Abdecken der Lüfteröffnungen mit handelsüblicher Frischhaltefolie zur Vermeidung einer potentiellen Kontamination beim Transport, zur Untersuchung in die EDV-Abteilung der Anästhesie gebracht und durch Austauschcomputer ersetzt. Um gleichbleibende Verhältnisse für die Durchführung der Abstriche „Lüfter-innen“, „CPU-Lüfter“ und „Metallgehäuse-innen“ zu gewährleisten, wurde der zu untersuchende Computer in einem geschlossenen Raum ohne Fenster geöffnet. Zuerst wurden die Staubbelastung semiquantitativ gemäß einer zweiwertigen Abstufung (geringe und hohe Staubbelastung) visuell beurteilt und durch ein digitales Photo festgehalten (Abbildung 15 und Abbildung 16).

Anschließend erfolgte die Abstrichentnahme am „Lüfter-innen“, „CPU-Lüfter“ und „Metallgehäuse-innen“. Die Negativkontrolle wurde dabei immer mit den anderen Abstrichbestecken mitgeführt.

Abschließend wurde das Rechnerinnere mit einem Staubsauger ausgesaugt und wieder verschlossen. Die so gereinigten Rechner wurden dann wieder an ihren Stellplätze verbracht.

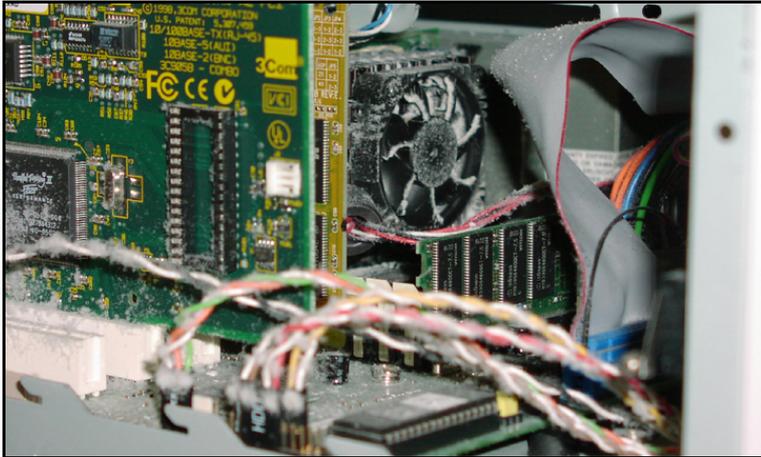


Abbildung 15: Optische Darstellung der Staubbelastung am „CPU-Lüfter“ und an einem Teil des Mainboards vom Acer Power 4400, als Beispiel für „hohe Staubbelastung“.

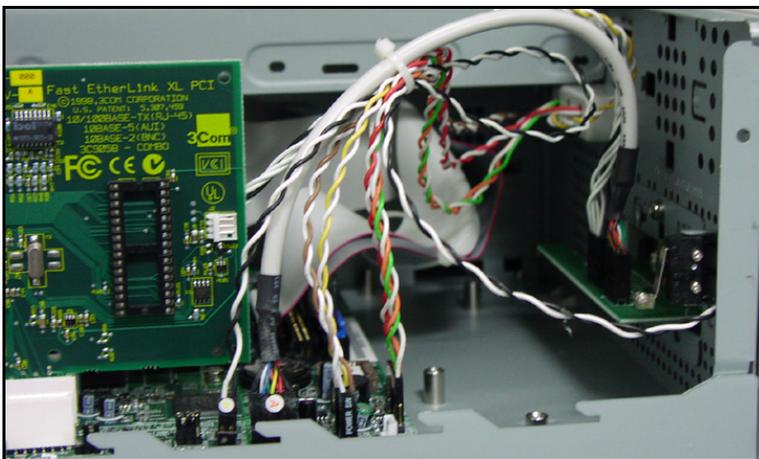


Abbildung 16: Optische Darstellung der Staubbelastung an einem Teil des Mainboards und Teile des Metallgehäuses vom Acer Power 4400, als Beispiel für „geringe Staubbelastung“.

#### *Verarbeitung der Abstriche und Werteberechnung*

Die Abstriche und die Negativkontrolle wurden nach der Entnahme innerhalb von 30min in das mikrobiologische Labor des Instituts für Krankenhaushygiene und Infektionskontrolle GbR in Gießen gebracht.

Dort wurden die 6 Abstrichbesteckröhrchen geöffnet, die Öffnung des Abstrichröhrchens für ca. 1s über eine Bunsenbrennerflamme gehalten, danach wurde in jedes Röhrchen mit einer 5ml Pipette und mit einem Pipetus®-akku 3ml Aqua dest. hineinpipettiert und wieder verschlossen. Jedes so verarbeitete Röhrchen wurde für 30s auf einem Reagenzglasrüttler ausgeschüttelt.

In Nähe der Bunsenbrennerflamme wurde aus jedem Abstrichbesteckröhrchen mit einer Pipette und einem Pipetus®-akku dreimal 1ml herauspipettiert und jeweils 1ml auf eine Columbia-Blutagar-Platten für die bakteriologische Anzuchtung und auf zwei

Sabouraud-Glucose(4%)-Agar-Platten für die mykologische Anzucht aufgebracht. Die Sabouraud-Glucose(4%)-Agar-Platten wurden mit Isolierband abgedichtet. Die leeren Abstrichbestecke wurden verworfen.

Die Columbia-Blutagar-Platten wurden für 48h in einem Brutraum bei  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  inkubiert. Eine der Sabouraud-Glucose(4%)-Agar-Platten wurde für maximal 21 Tage in einem Brutraum bei  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , die andere Sabouraud-Glucose(4%)-Agar-Platte für maximal 21 Tage bei  $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  inkubiert. Dabei erfolgte jeden zweiten Tag eine visuelle Beurteilung der Platten um ein eventuelles Wachstum von Hefepilzen (speziell *Candida* ssp. Kolonien) erfassen zu können.

Alle Platten wurden nach Beendigung der Bebrütungszeit gesichtet und die darauf erkennbaren Kolonien ausgezählt. Jede der auf den Agar-Platten gewachsene Kolonien (bezeichnet als Koloniebildende Einheit (KBE)) wurde mit dem Faktor 3 multipliziert, um die Verdünnung der Ausgangsproben durch 3ml Aqua dest. zu berücksichtigen. Die so erhaltenen Werte beziehen sich auf die Abstrichfläche von  $8\text{cm}^2$ , im weiteren Verlauf als Referenzfläche bezeichnet (s.o. *Entnahme des Abstriches*). Daraus ergibt sich für die Messung der Keimzahlen in dieser Arbeit eine untere Nachweisgrenze von  $3 \text{ KBE} / 8\text{cm}^2$ .

#### *III.2.2.2 Bakteriologische Bearbeitung*

Nach 48h Bebrütung wurden die Columbia-Blutagar Platten aus dem Brutraum entnommen. Die KBE wurden gezählt. Sofern auf einer Columbia-Blutagar-Platte mehr als eine visuell zu unterscheidende Kolonieart wuchs, wurde von jeweils einer der gleichartig aussehenden Einzelkolonien eine neue Columbia-Blutagar-Platte fraktioniert beimpft und für weitere 24h im Brutraum bei  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  inkubiert, um Reinkulturen zu erhalten.

Anschließend wurden die Nährboden-Platten aus dem Brutraum entnommen, nochmals visuell auf gleichartiges Aussehen der gewachsenen Kolonien geprüft, ggf. nochmals subkultiviert, bis Reinkulturen vorlagen. Von jeder Platte mit Reinkulturen wurde mit einer ausgeglühten und abgekühlten Drahtöse eine Kolonie auf einen Objektträger mit einem Tropfen Aqua dest. gebracht und vorsichtig hitzefixiert. Das Präparat wurde nach der Gram-Färbung gefärbt und unter dem Mikroskop bei 800-facher Vergrößerung betrachtet.

#### *Aerobe mesophile Sporenbildner*

Aerobe mesophile Sporenbildner stellen geringe Ansprüche an den Nährboden und wachsen aerob bei Temperaturen zwischen  $15^{\circ}\text{C}$  und  $43^{\circ}\text{C}$ .

In dieser Untersuchung wurden die Sporenbildner in aerobe mesophile Sporenbildner zusammengefasst, nur beim Vorliegen einer visuell verdächtigen *Bacillus anthracis* oder *Bacillus cereus* Kolonie sollte diese gesondert biochemisch differenziert werden [36,57].

#### *Grampositive Staphylokokken und Mikrokokken*

Staphylokokken sind grampositive, unbewegliche, im mikroskopischen Bild in Haufen oder Trauben angeordnete Kokken. Staphylokokken können sowohl unter aeroben als auch unter anaeroben Bedingungen kultiviert werden (fakultative Anaerobier). Sie lassen sich auf gewöhnlichen Nährmedien zwischen 30°C und 37°C leicht anzüchten [36,37,46,57].

Die Kolonien von *S. aureus* haben nach 24h Bebrütung ein porzellanartiges, konvex gewölbtes Aussehen. Häufig sind die Kolonien gelblich pigmentiert und es findet sich oft eine Hämolysehof [36,37,57].

Zur weiteren Differenzierung wurden die als grampositive Kokken identifizierten Kolonien auf die Bildung von Plasmakoagulase untersucht.

Dafür wurde auf ein Slidex-Staph-Plus Reaktionsfeld ein Tropfen  $\approx 0,017\text{ml}$  anti-*S. aureus* Reagenz (Ansatz 1), auf ein zweites Reaktionsfeld ein Tropfen  $\approx 0,017\text{ml}$  Kontrollreagenz (Ansatz 2) gegeben. In diese zwei Ansätze wurden ein bis zwei Kolonien, entnommen von den Reinkulturen, mit zwei sterilen Spateln verrieben.

Ein positives Ergebnis lag vor, wenn in dem Ansatz 1 innerhalb von 30s unter abwechselndem Mischen und Rotieren der Karte eine Agglutination sichtbar wurde und der Ansatz 2 keine Agglutination zeigte. Damit wurde das Vorliegen eines *S. aureus* in diesem Abstrich nachgewiesen. Ein negatives Ergebnis zeigte sich durch ein Ausbleiben einer Agglutination in beiden Ansätzen [36,37,57]. Diese Keime wurden unter dem Begriff der koagulase-negativen Staphylokokken (KNS) zusammengefasst.

Die stark pigmentierten Mikrokokken sind durch ihre starke gelbe Färbung und die matte Oberfläche der Kolonien leicht von Staphylokokken Kolonien zu unterscheiden [36,37,46,57]. Im Zweifelsfall wurden die verdächtigen Kolonien mit Wasserstoffperoxid 3% 20ml beträufelt und auf das Entstehen von Gasbläschen hin beobachtet, um so das Vorhandensein von Katalase nachzuweisen. Sie lassen sich zusätzlich diagnostisch durch das Fehlen von Plasmakoagulase, Clumpingfaktor und Protein A von *S. aureus* und durch die Bacitracin-Empfindlichkeit von den KNS abgrenzen. Eine exakte Subspezifizierung, z.B. durch biochemische Differenzierung wird in verschiedenen Literaturstellen als nicht erforderlich angesehen und wurde deshalb nicht durchgeführt [36,37,57].

#### *Grampositive Streptokokken*

Streptokokken sind fakultativ anaerobe, grampositive, im mikroskopischen Bild in Ketten oder als Pärchen angeordnete, unbewegliche, katalasenegative Kokken. Sie werden sowohl nach ihrem Hämolysevermögen als auch nach ihrer Antigenität, bedingt durch ein in der Zellwand lokalisiertes Kohlenhydrat (Lancefield-Antigen), eingeteilt [36,46,57]. Das Hämolyseverhalten wird gegliedert in  $\alpha$ -Hämolyse (Umbau von Hämoglobin zu einer biliverdinähnlichen Struktur),  $\beta$ -Hämolyse (dabei werden die Erythrozyten zerstört und das Hämoglobin abgebaut) und  $\gamma$ -Hämolyse (in diesem Fall liegt keine Hämolyse vor).

*Streptokokkus pyogenes* und *Streptokokkus agalactiae* bilden Kolonien mit  $\beta$ -Hämolyse und *Streptokokkus pneumoniae* Kolonien mit  $\alpha$ -Hämolyse. *Streptokokkus salivarius* Kolonien lassen sich makroskopisch durch das Fehlen einer Hämolyse ( $\gamma$ -Hämolyse) von den oben erwähnten *Streptokokkus sp.* unterscheiden [36,46,57]. Um  $\gamma$ -hämolisierende *Streptokokkus salivarius* Kolonien von  $\gamma$ -hämolisierenden Enterokokken zu unterscheiden wurden sie durch das BBL<sup>®</sup>Crystal<sup>™</sup> Identifizierungssystem weiter differenziert.

Enterokokken sind Streptokokken der serologischen Gruppe D (nach Lancefield). Enterokokken sind somit wie Streptokokken grampositiv, unbeweglich, im mikroskopischen Bild in gewundenen Ketten angeordnete Kokken mit  $\gamma$ -Hämolyse. Sie können durch Wachstum auf einem Selektivagar (Enterokokken-Agar) von andere Streptokokken unterschieden werden [36,46,57]. Verdächtige Kolonien wurden auf Enterokokken-Agar überimpft. Bei Wachstum auf diesem Selektivagar und entsprechendem mikroskopischem Bild im Gram-Präparat, erfolgte eine serologische Identifizierung mit Hilfe des Slidex Strepto-Kits. Bei einem positiven serologischen Ergebnis wurden diese Kolonien mit dem BBL<sup>®</sup>Crystal<sup>™</sup> Identifizierungssystem weiter differenziert [3,4,42,47].

#### *Neisseriaceae*

Neisseriaceae sind gramnegative, oft paarig angeordnete (Diplokokken), aerobe Kokken mit einem Durchmesser von 0,6 - 0,8 $\mu$ m. Es handelt sich um obligate Schleimhautparasiten, die außerhalb des menschlichen Körpers rasch absterben [36,46,57]. *Neisseria (N.) gonorrhoeae* und *N. meningitidis* lassen sich nur auf sehr anspruchsvollen Nährböden anzüchten, es werden Glukose, Pyruvat oder Laktat als Energiequellen essentiell benötigt [36,46,57]. Apathogen Neisseriaceae wie *N. subflava* lassen sich zwischen 30°C und 40°C auf einfachen Nähragarplatten kultivieren, was als wichtiges Differenzierungskriterium gilt [36].

Bei verdächtigen Kolonien und entsprechendem mikroskopischem Bild im Gram-Präparat, wurden diese Kolonien mittels des BBL<sup>®</sup>Crystal<sup>™</sup>-N/H Identifizierungssystems differenziert.

#### *Pseudomonadaceae*

Pseudomonadaceae gehören zur Gattung der anspruchslosen, nicht fermentierenden, gramnegativen Bakterien. Es handelt sich um lange, plumpe, gramnegative Stäbchenbakterien, die eine bis mehrere polare Geißeln besitzen. Der für die Humanmedizin wichtigste Vertreter ist die Spezies *P. aeruginosa*. Er lässt sich zwischen 30°C und 40°C auf Nährbouillon, das freies O<sub>2</sub> als terminalen Elektronenakzeptor aufweist, kultivieren. Kolonien auf Nähragar zeigen oft Metallglanz. *P. aeruginosa* kann zwei Pigmente ausbilden: ein gelblich-grünes oder ein blaugrünes Pigment [36,46,57].

### *Enterobacteriaceae*

Enterobacteriaceae sind fakultativ anaerobe, gramnegative, plumpe, Stäbchenbakterien, die zur Normalflora des menschlichen Darmes gehören. Zum Teil sind einige Gattungen begeißelt und können sich so auf Agaroberflächen fortbewegen. Zu den Enterobacteriaceae gehören z.B. *E. coli*, *Salmonella* sp., *Shigella* sp., *Klebsiella* sp. und andere. Allgemein zeigen Enterobacteriaceae eine große Stoffwechselaktivität, die zu Ihrer Identifizierung ausgenutzt wird. Ein wichtiger Selektiv-Indikator-Agar ist der Endo-Agar, auf welchem nur gramnegative Stäbchenbakterien wachsen. Verdächtige Kolonien wurden auf Endo-Agar-Platten überimpft und 24h im Brutraum bei  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  inkubiert. War auf der Endo-Agar-Platte Wachstum nachweisbar, so wurden von der Reinkultur auf der Columbia-Blutagar zwei bis drei Kolonien entnommen und auf die Oxidasereaktion hin überprüft. Bei einem negativen Ergebnis wurde eine BBL®Enterotube™ II benutzt. BBL®Enterotube™ II ist ein gebrauchsfertiges Testsystem zur biochemischen Identifizierung von Enterobacteriaceae.

### *III.2.2.3 Mykologische Bearbeitung*

Bei Pilzen kommen vereinfachend zwei morphologische Erscheinungsformen vor:

- Hefen: Sind das Grundelement der unizellulären Pilze. Sie sind rund bis oval und haben einen Durchmesser von 3 - 5µm.
- Hyphen: Sind das Grundelement von filamentösen Pilzen. Bei einer Hyphe handelt es sich um verzweigte, tubuläre Strukturen, die 2 - 10µm lang sind.

### *Hefepilze*

Hefen vermehren sich durch Zellsprossung, dabei wird von der Mutterzelle durch Ausstülpung der Zellwand, die einen Tochterkern enthält und durch Ausbildung einer Querwand (= Septum), eine Tochterzelle abgeschnürt [36,57]. Die ovalen Kolonien wurden am Rande einer Kolonie mit einer vorher ausgeglühten Drahtöse entnommen und auf einem Objektträger, auf den ein Tropfen ( $\approx 0,017\text{ml}$ ) Aqua dest. gegeben wurde, ausgestrichen. Das so erhaltene Präparat wurde unter dem Mikroskop bei 320-facher Vergrößerung nach sprossenden, zum Teil septierten Hefen mit Tochterkernen abgesucht.

### *Candida ssp.*

*Candida* ssp. gehört zu den für die Humanmedizin wichtigsten Vertretern der Hefepilze. Makroskopisch zeigen sich runde, grauweißliche, matte oder glänzende, eine etwas raue Oberfläche aufweisende Kolonien, die sich im Primärpräparat mikroskopisch als sprossende, einen Durchmesser von ca. 5µm aufweisende ovale Hefen darstellen [36]. Bei Wachstum

von Kolonien mit einem verdächtigen mikroskopischen Befund auf das Vorliegen von Hefepilzen sollte eine entsprechende Differenzierung durchgeführt werden.

#### *Schimmelpilze*

Schimmelpilze sind Hyphenpilze. Hyphen sind tubuläre Strukturen, aus denen sich das Myzel zusammensetzt. Man unterscheidet zwei Arten von Myzelien, einmal das Substratmyzel, welches der Ernährung des Pilzes dient, und zum anderen das Luftmyzel, auf welchem sich ungeschlechtliche Fortpflanzungsorgane ausbilden. Diese Fortpflanzungsorgane werden Sporen genannt. Sie können ungeschlechtlich (asexuell, vegetativ) durch mitotische Teilung gebildet werden oder geschlechtlich (sexuelle, generativ) durch Verschmelzung von zwei durch Meiose entstandenen haploiden Zellen entstehen [36,48].

Als Konidien werden ungeschlechtliche Sporen bezeichnet, die entweder direkt an den Pilzhypen oder in besonderen Konidienträgern gebildet werden [48]. Sporangien dienen als Behälter für Sporen. Sowohl Sporen, als auch Sporangien sind Strukturen die gegen exogene Noxen resistent sind und so der Verbreitung von Pilzen dienen.

Im Falle des Wachstums verdächtiger Kolonien wurden die Luftmyzelien von Schimmelpilzen am Rande einer Kolonie mit einer vorher ausgeglühten Drahtöse entnommen und auf einem Objektträger, auf den ein Tropfen ( $\approx 0,017\text{ml}$ ) Aqua dest. gegeben wurde, ausgestrichen. Das so erhaltene Präparat wurde unter dem Mikroskop bei 320-facher Vergrößerung nach Mikro-, Makrokonidien, Sporangien und anderen Strukturen abgesucht.

#### *Aspergillus Sp.*

Beim makroskopischen Betrachten der Nährbodenplatte zeigte sich eine graugrüne Pigmentierung der Oberfläche des Konidienbesatzes mit weißem Randsaum-Myzel [36,57]. Mikroskopisch zeigten sich typisch dicht aneinander liegende Konidienketten mit einer säulenförmigen Struktur [36].

#### *Aspergillus niger*

Makroskopisch zeigte sich bei der Betrachtung der Nährboden-Platte eine braunschwarze Pigmentierung der reifen Konidienköpfchen, das Randsaum-Myzel stellte sich gelblich weiss dar [36,57]. Mikroskopisch konnte die typische „Staubwedelform“ der Konidienketten gezeigt werden, die rundum angeordnet waren [36].

#### *Cladosporium herbarum*

Bei makroskopischer Betrachtung zeigte sich eine grünschwärze Pigmentierung der Oberfläche. Mikroskopisch konnte die typische sprosszellartige Konidienbildung am Myzel des *Cladosporium herbarum* identifiziert werden [36,57].

### *Chrysosporium*

Entsprechende Kolonien zeigten makroskopisch eine weißlichen Pigmentierung und watteartige Oberfläche, die sich bei der Reifung der Konidien in eine gipsige Oberfläche verwandelte [36,57]. Bei mikroskopischer Betrachtung zeigten sich in Haufen liegende Mikrokonidien [36].

### *Mucor sp.*

Kolonien von *Mucor sp.* zeigten makroskopisch eine braunschwarze Pigmentierung der Oberfläche [36,57]. Mikroskopisch konnten die typisch runden Sporangien an Sporangiosporen dargestellt werden [36].

### *Penicillium sp.*

*Penicillium sp.*-Kolonien zeigten makroskopisch eine blaugüne Pigmentierung der Oberfläche [36,57]. Mikroskopisch konnte der typische „*Penicillium*-Pinzel“ mit mehreren Konidienketten im Präparat nachgewiesen werden [57].

### *Zusammenfassend für die mykologische Bearbeitung*

Es erfolgte bei der Differenzierung der Pilzkulturen also lediglich eine makroskopische Abgrenzung mit anschließender Beurteilung der mikroskopischen Präparate.

## **III.2.3 Statistik**

Von jeder Probe (3ml Ausschüttelflüssigkeit) wurde je 1ml auf drei feste Nährböden ausgeschüttet. Dabei wurden ein Nährboden für die bakteriologische und zwei für die mykologische Untersuchung benutzt. Daraus ergibt sich bezüglich der Keimzahlbestimmung pro Nährboden ein Multiplikator von 3. Somit resultiert eine untere Nachweisgrenze von 3 KBE/ 8cm<sup>2</sup>. Alle in den Ergebnissen dargestellten Werte der mikrobiologischen Abstrichuntersuchungen wurden im Falle eines Keimnachweises mit 3 multipliziert und ergeben somit die berechnete Keimbelastung pro 8cm<sup>2</sup>. Aus Gründen der statistischen Berechnungen wurden die Werte in den Tabellen, bei denen es korrekt hätte heißen müssen < 3, jeweils mit einer 0 angeben und für die statistischen Berechnungen zu Grunde gelegt.

Die Analyse und Darstellung der physikalischen Ergebnisse wurde mit Microsoft® Excel 2000 durchgeführt. Die Analyse und Darstellung der mikrobiologischen Ergebnisse erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS™ Version 11.0.1 für Windows 2000™ und Microsoft® Excel 2000. Dabei wurden mittels einer deskriptiven statistischen Analyse zum Vergleich der Keimarten und deren Häufigkeit bezogen auf Abstrichentnahmestellen und Aufstellungsort die KBE ausgewertet und dargestellt. Neben dem Median und dem

arithmetischen Mittelwert, wurde die Standardabweichung berechnet und der Maximalwert, das 25%-Quantil und das 75%-Quantil angegeben.

Zur graphischen Darstellung der mikrobiologischen Ergebnisse wurden Microsoft® Excel 2000 Tabellen, Microsoft® Excel 2000 Graphiken und *Boxplotdiagramme* verwendet. Im *Boxplotdiagramm* werden das 25-Perzentil, 50-Perzentil, 75-Perzentil und die Extremwerte dargestellt. Anhand des Diagramms können zusätzlich noch das 5%-Quantil und das 90%-Quantil abgelesen werden (Abbildung 17). Perzentile bezeichnen Messbereiche, innerhalb derer ein bestimmter Anteil (25%, 50% oder 75%) der gemessenen Werte liegt. Das 50-Perzentil wird auch als Median bezeichnet.

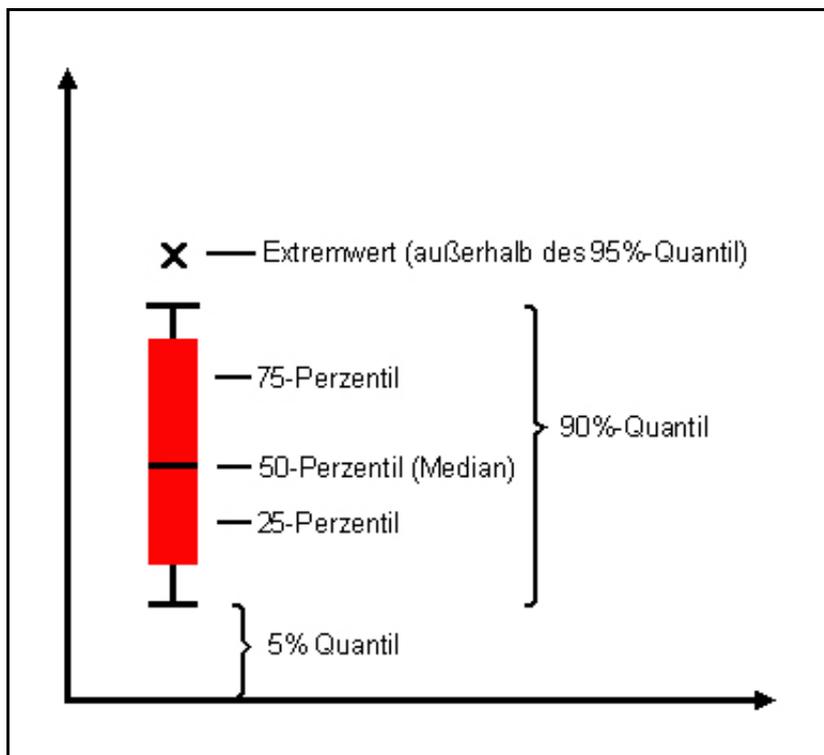


Abbildung 17: Bedeutung der Symbole im Boxplotdiagramm.

## IV ERGEBNISSE

### IV.1 Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen

Bei den physikalischen Untersuchungen wurden Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit für jedes der drei Computermodelle exemplarisch an einem Computer am Aufstellungsort gemessen. Dabei wurde die im Inneren eines Computers herrschende Temperatur mit Hilfe von drei TDL und die relative Luftfeuchtigkeit mit Hilfe von einem FTDL aufgezeichnet (siehe Material und Methodik 2.1.1).

Für die Luftgeschwindigkeitsmessungen wurden die gleichen Computer verwendet, die für die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsmessungen benutzt wurden. Die Messungen erfolgten in 0cm Entfernung (d.h. direkt an der Öffnung des Netzteil Lüfters) und in 20cm Entfernung (20cm in Verlängerung der Mittelachse von der Öffnung des Netzteil Lüfters).

#### IV.1.1 Ergebnisse der Temperaturmessungen

Jeweils eine Temperaturmessung pro Computer erfolgte innen in Nähe des Netzteil, am Metallgehäuse im Inneren des Computers und frei schwingend im Computerinneren über einen Zeitraum von 24 Stunden. Die Daten-Logger waren auf einen 5-minütigen Messtakt programmiert, so dass sich insgesamt 290 Messzeitpunkte in 24h für jeden der drei Daten-Logger ergeben. Die dabei ermittelten Werte werden graphisch dargestellt.

##### *IV.1.1.1 Im Bereich pädiatrische Intensivstation*

##### *Temperaturmessungen in Netzteilnähe im Computerinneren*

Bei 290 Messzeitpunkten in 24h lagen die Messwerte bei allen drei Messungen in einem Messbereich von minimal 27,7°C bis maximal 30,5°C (siehe VII Abbildung 42).

Es ergaben sich folgende arithmetische Mittelwerte:

- Messtag 1: **28,4°C ± 0,1°C**
- Messtag 2: **28,2°C ± 0,2°C**
- Messtag 3: **29,0°C ± 0,3°C**

##### *Temperaturmessungen am Metallgehäuse im Computerinneren*

Bei 290 Messzeitpunkten in 24h lagen die Messwerte bei allen drei Messungen in einem Messbereich von minimal 31,7°C bis maximal 34,1°C (siehe VII Abbildung 43).

Es ergaben sich folgende arithmetische Mittelwerte:

- Messtag 1: **32,4°C ± 0,2°C**
- Messtag 2: **32,2°C ± 0,3°C**
- Messtag 3: **32,6°C ± 0,4°C**

*Temperaturmessungen frei schwingend im Computerinneren*

Bei 290 Messzeitpunkten in 24h lagen die Messwerte bei allen drei Messungen in einem Messbereich von minimal 30,7°C bis maximal 33,5°C (siehe VII Abbildung 44).

Es ergaben sich folgende arithmetische Mittelwerte:

- Messtag 1: **31,3°C ± 0,2°C**
- Messtag 2: **31,2°C ± 0,3°C**
- Messtag 3: **32,0°C ± 0,4°C**

*IV.1.1.2 Im Bereich operative Intensivstation*

*Temperaturmessungen in Netzteilnähe im Computerinneren*

Bei 290 Messzeitpunkten in 24h lagen die Messwerte bei allen drei Messungen in einem Messbereich von minimal 26,0°C bis maximal 29,3°C (siehe VII Abbildung 45).

Es ergaben sich folgende arithmetische Mittelwerte:

- Messtag 1: **28,3°C ± 0,7°C**
- Messtag 2: **26,8°C ± 0,4°C**
- Messtag 3: **26,3°C ± 0,1°C**

*Temperaturmessungen am Metallgehäuse im Computerinneren*

Bei 290 Messzeitpunkten in 24h lagen die Messwerte bei allen drei Messungen in einem Messbereich von minimal 23,8°C bis maximal 29,1°C (siehe VII Abbildung 46).

Es ergaben sich folgende arithmetische Mittelwerte:

- Messtag 1: **27,3°C ± 1,5°C**
- Messtag 2: **24,7°C ± 1,1°C**
- Messtag 3: **24,1°C ± 0,2°C**

*Temperaturmessungen frei schwingend im Computerinneren*

Bei 290 Messzeitpunkten in 24h lagen die Messwerte bei allen drei Messungen in einem Messbereich von minimal 24,1°C bis maximal 29,9°C (siehe VII Abbildung 47).

Es ergaben sich folgende arithmetische Mittelwerte:

- Messtag 1: **28,0°C ± 1,7°C**
- Messtag 2: **25,2°C ± 1,2°C**
- Messtag 3: **24,3°C ± 0,1°C**

*IV.1.1.3 Im operativen Bereich*

*Temperaturmessungen in Netzteilnähe im Computerinneren*

Bei 290 Messzeitpunkten in 24h lagen die Messwerte bei allen drei Messungen in einem Messbereich von minimal 26,0°C bis maximal 27,8°C (siehe VII Abbildung 48).

Es ergaben sich folgende arithmetische Mittelwerte:

- Messtag 1: **26,8°C ± 0,3°C**
- Messtag 2: **26,7°C ± 0,2°C**
- Messtag 3: **26,5°C ± 0,4°C**

#### *Temperaturmessungen am Metallgehäuse im Computerinneren*

Bei 290 Messzeitpunkten in 24h lagen die Messwerte bei allen drei Messungen in einem Messbereich von minimal 26,4°C bis maximal 28,7°C (siehe VII Abbildung 49).

Es ergaben sich folgende arithmetische Mittelwerte:

- Messtag 1: **27,5°C ± 0,3°C**
- Messtag 2: **27,5°C ± 0,3°C**
- Messtag 3: **27,1°C ± 0,5°C**

#### *Temperaturmessungen frei schwingend im Computerinneren*

Bei 290 Messzeitpunkten in 24h lagen die Messwerte bei allen drei Messungen in einem Messbereich von minimal 27,5°C bis maximal 29,5°C (siehe VII Abbildung 50).

Es ergaben sich folgende arithmetische Mittelwerte:

- Messtag 1: **28,3°C ± 0,2°C**
- Messtag 2: **28,2°C ± 0,3°C**
- Messtag 3: **28,1°C ± 0,5°C**

#### *IV.1.1.4 Zusammenfassung der Temperaturmessungen*

Zusammenfassend werden die Maximal- und Minimalwerte der Temperaturmessungen für die drei Messpunkte und die drei Computermodelle mit je 3 Messzyklen über 24h in der Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: *Ergebnisse der Temperaturmessungen als Maximal- und Minimalwerte.*

Untersuchte Computermodelle	Temperatur in °C		
	In Netzteilnähe	Am Metallgehäuse	Frei Schwingend
Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation)			
Maximalwert	30,5	34,1	33,5
Minimalwert	27,7	31,7	30,7
Acer Power 4400 (operative Intensivstation)			
Maximalwert	29,3	29,1	29,9
Minimalwert	26,0	23,8	24,1
Acer Veriton 5100 (operativer Bereich)			
Maximalwert	27,8	28,7	29,5
Minimalwert	26,0	26,4	27,5

Die gemessenen Werte liegen zum Teil deutlich über der Raumtemperatur, aber überwiegend auch deutlich unter der optimalen Vermehrungstemperatur für fakultativ pathogene und obligat pathogene Bakterien ( $36 \pm 1^\circ\text{C}$ ). Die gemessene maximale Temperatur ist beim Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation) am höchsten, gefolgt von der maximalen Temperatur beim Acer Power 4400 (operative Intensivstation) und an dritter Stelle beim Acer Veriton 5100 (operativer Bereich). Bei den gemessenen minimalen Temperaturen wurde die höchste minimale Temperatur beim Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation) gemessen, gefolgt von der minimalen Temperatur beim Acer Veriton 5100 (operativer Bereich) und an dritter Stelle beim Acer Power 4400 (operative Intensivstation). Betrachtet man das  $\Delta T$  der gemessenen maximalen und minimalen Temperaturwerte, so liegt dieses mit ca.  $6^\circ\text{C}$  beim Acer Power 4400 (operative Intensivstation) am höchsten, bei den beiden anderen Computermodellen beträgt diese zwischen  $1,8^\circ\text{C}$  und  $3,3^\circ\text{C}$ .

#### **IV.1.2 Ergebnisse der Luftfeuchtmessungen**

Die Messung der im Inneren der Computer herrschenden relativen Luftfeuchtigkeit (r.F.) erfolgte durch einen FTDL, der im Computerinneren angebracht wurde (siehe Material und Methodik 2.1.1). Die Messungen wurden über einen Zeitraum von drei Tagen durchgeführt, wobei in 5-minütigen Abständen gemessen wurde. Somit ergaben sich insgesamt 290 Messzeitpunkte in 24h.

##### *IV.1.2.1 Im Bereich pädiatrische Intensivstation*

Bei 290 Messzeitpunkten in 24h lagen die Messwerte bei allen drei Messungen in einem Messbereich von minimal 5% r.F. bis maximal 13% r.F. (siehe VII Abbildung 51).

Es ergaben sich folgende arithmetische Mittelwerte:

- Messtag 1:  **$7 \pm 1\%$  r.F.**
- Messtag 2:  **$6 \pm 1\%$  r.F.**
- Messtag 3:  **$8 \pm 1\%$  r.F.**

##### *IV.1.2.2 Im Bereich operative Intensivstation*

Bei 290 Messzeitpunkten in 24h lagen die Messwerte bei allen drei Messungen in einem Messbereich von 11% r.F. bis maximal 30% r.F. (siehe VII Abbildung 52).

Es ergaben sich folgende arithmetische Mittelwerte:

- Messtag 1:  **$19 \pm 3\%$  r.F.**
- Messtag 2:  **$23 \pm 6\%$  r.F.**
- Messtag 3:  **$24 \pm 7\%$  r.F.**

#### IV.1.2.3 Im operativen Bereich

Bei 290 Messzeitpunkten in 24h lagen die Messwerte bei allen drei Messungen in einem Messbereich von minimal 11% r.F. bis maximal 24% r.F. (siehe VII Abbildung 53).

Es ergaben sich folgende arithmetische Mittelwerte:

- Messtag 1: **14 ± 1% r.F.**
- Messtag 2: **17 ± 2% r.F.**
- Messtag 3: **16 ± 3% r.F.**

#### IV.1.2.4 Zusammenfassung der Luftfeuchtmessungen

Zusammenfassend werden die Maximal- und Minimalwerte der Luftfeuchtmessungen für die drei Messpunkte und die drei Computermodelle mit je 3 Messzyklen über 24h in der Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10: Ergebnisse der Luftfeuchtmessungen als Maximal- und Minimalwerte.

Untersuchte Computermodelle	relative Luftfeuchtigkeit in % Im Computerinneren
Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation)	
Maximalwert	13
Minimalwert	5
Acer Power 4400 (operative Intensivstation)	
Maximalwert	30
Minimalwert	11
Acer Veriton 5100 (operativer Bereich)	
Maximalwert	24
Minimalwert	11

Die gemessenen relativen Luftfeuchtwerte waren mit maximal 30% r.F. beim Acer Power 4400 (operative Intensivstation) am höchsten, gefolgt vom Acer Veriton 5100 (operativer Bereich) mit maximal 24% r.F. und zuletzt beim Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation) mit maximal 13% r.F.. Dort wurde auch der niedrigste Minimalwert von 5% r.F. gemessen, beim Acer Power 4400 (operative Intensivstation) und beim Acer Veriton 5100 (operativer Bereich) wurde jeweils ein Minimalwert von 11% r.F. gemessen.

Die gemessenen relativen Luftfeuchtwerte liegen in einem Bereich, in dem zwar für diverse Bakterienarten ein Überleben möglich ist (z.B. bakterielle Sporen, S. aureus u. a.), eine Vermehrung dürfte jedoch eher nicht zu erwarten sein.

### IV.1.3 Ergebnisse der Luftgeschwindigkeitsmessungen

Die Luftgeschwindigkeitsmessungen erfolgten exemplarisch an einem Computer für jedes der drei Computermodelle. Die Messungen einer Messreihe wurden in 0 cm Entfernung und in 20cm Entfernung durchgeführt (siehe Material und Methodik 2.1.2).

In jeder Messreihe wurde die Luftgeschwindigkeit alle 20s, insgesamt 15mal, also über 300s gemessen. Jede dieser Messreihen wurde dreimal wiederholt, der Durchschnittswert der Messreihen errechnet und graphisch in den Abbildung 54 bis Abbildung 56 (siehe VII Abbildungsverzeichnis) dargestellt.

#### IV.1.3.1 Zusammenfassung der Luftgeschwindigkeitsmessung

Zusammenfassend werden die Maximal- und Minimalwerte der Luftgeschwindigkeitsmessung für 0cm und 20cm Entfernung und die drei Computermodelle in der Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Ergebnisse der Luftgeschwindigkeitsmessungen für 0cm und 20cm Entfernung als Maximal- und Minimalwerte.

Untersuchte Computermodelle	Luftgeschwindigkeitsmessung in m/s	
	in 0cm	in 20cm
Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation)		
Maximalwert	0,58	0,11
Minimalwert	0,45	0,06
Acer Power 4400 (operative Intensivstation)		
Maximalwert	2,60	0,24
Minimalwert	2,34	0,15
Acer Veriton 5100 (operativer Bereich)		
Maximalwert	1,75	0,14
Minimalwert	1,49	0,08

Bei den Luftgeschwindigkeitsmessungen direkt an der Öffnung des Netzteil Lüfters (= 0cm) wurden beim Acer Power 4400 (operative Intensivstation) mit maximal 2,60 m/s und minimal 2,34 m/s relativ hohe Werte gemessen. Die Werte beim Acer Veriton 5100 (operativer Bereich) liegen mit maximal 1,75 m/s und minimal 1,49 m/s deutlich darunter und am niedrigsten sind die Werte beim Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation) mit maximal 0,58 m/s und minimal 0,45 m/s.

20cm in Verlängerung der Mittelachse von der Öffnung des Netzteil Lüfters lagen die Werte bei maximal 0,24 m/s beim Acer Power 4400 (operative Intensivstation) und somit geringfügig über dem Wert für laminäre Strömung (= 0,2 m/s), ansonsten deutlich darunter.

#### IV.1.4 Optische Darstellung der Luftströmung

Zusätzlich zu den Luftgeschwindigkeitsmessungen bei jedem der drei Computermodelle erfolgte eine optische Darstellung des Luftstromes mit Hilfe von Rauchröhrchen. Dieser Vorgang wurde mit einer digitalen Kamera festgehalten (siehe Material und Methodik 2.1.2).

Nach 30 Sekunden konnte eine Luftstromausbreitung dargestellt werden von:

- ca. **40cm** in horizontaler Richtung beim Peacock Procida (Abbildung 18).
- ca. **103cm** in horizontaler Richtung beim Acer Power 4400 (Abbildung 19).
- ca. **87cm** in horizontaler Richtung beim Acer Veriton 5100 (Abbildung 20).

##### IV.1.4.1 Beim Peacock Procida



Abbildung 18: Optische Darstellung des Luftstromes beim Peacock Procida.

##### IV.1.4.2 Beim Acer Power 4400



Abbildung 19: Optische Darstellung des Luftstromes beim Acer Power 4400.

## IV.1.4.3 Beim Acer Veriton 5100

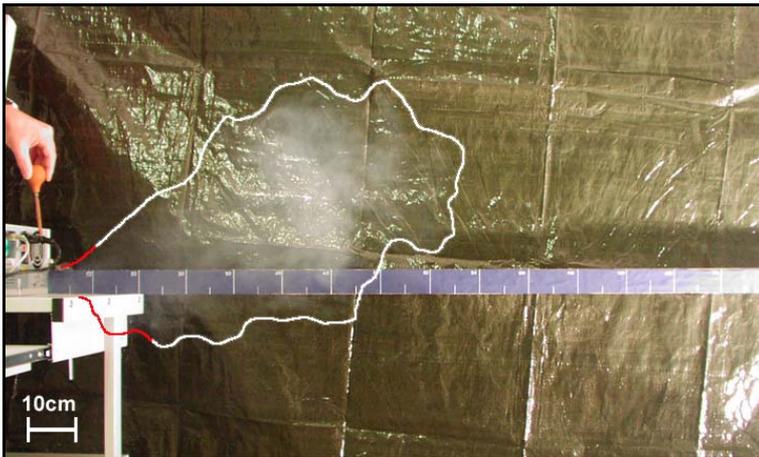


Abbildung 20: Optische Darstellung des Luftstromes beim Acer Power 5100.

## IV.1.4.4 Zusammenfassung der optischen Darstellung der Luftströme

Zusammenfassend werden in Tabelle 12 die Ergebnisse der Luftstromausbreitung der drei Computermodelle den Ergebnissen der Luftgeschwindigkeitsmessungen gegenübergestellt.

Tabelle 12: Ergebnisse der Luftstromausbreitung gegenübergestellt denen der Luftgeschwindigkeitsmessung für 0cm und 20cm Entfernung als Maximal- und Minimalwerte. Ø = Kein Wert.

Untersuchte Computermodelle	Luftstromausbreitung in cm	Luftgeschwindigkeitsmessung in m/s	
		in 0cm	in 20cm
Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation)			
Maximalwert	40	0,58	0,11
Minimalwert	Ø	0,45	0,06
Acer Power 4400 (operative Intensivstation)			
Maximalwert	103	2,60	0,24
Minimalwert	Ø	2,34	0,15
Acer Veriton 5100 (operativer Bereich)			
Maximalwert	87	1,75	0,14
Minimalwert	Ø	1,49	0,08

Die Ergebnisse der Luftstromausbreitung zeigen ein kongruentes Ergebnis mit denen der Luftgeschwindigkeitsmessungen. Beim Acer Power 4400 (operative Intensivstation) wurde mit 103cm Luftstromausbreitung ein relativ hoher Wert gemessen. Am zweitweitesten zeigte sich die Luftstromausbreitung mit 87cm beim Acer Veriton 5100 (operativer Bereich) und deutlich darunter und am niedrigsten sind die Werte für die Luftstromausbreitung beim Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation) mit 40cm.

### IV.1.5 Ergebnisse der semiquantitativen Staubbelastung

Die Staubquantifizierung erfolgte an den identischen 38 Computern, die zur mikrobiologischen Untersuchung herangezogen wurden. Die Staubmenge wurde dabei semiquantitativ gemäß einer zweiwertigen Ordinalskala (geringe Staubbelastung und hohe Staubbelastung) visuell beurteilt.

#### IV.1.5.1 Im Bereich pädiatrische Intensivstation

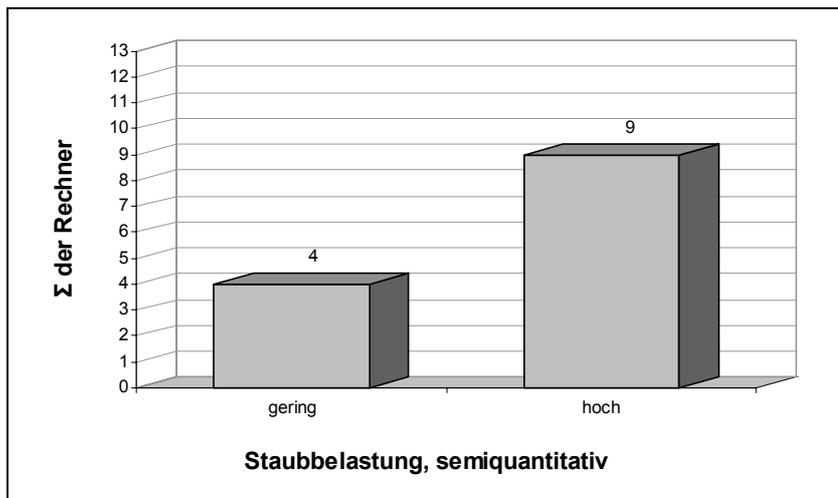


Abbildung 21: Semiquantitative Staubbelastung im Computerinneren des Peacock Procida auf der pädiatrischen Intensivstation. Dargestellt ist die Anzahl der Computer, deren Staubbelastung gering bzw hoch war (n=13).

#### IV.1.5.2 Im Bereich operative Intensivstation

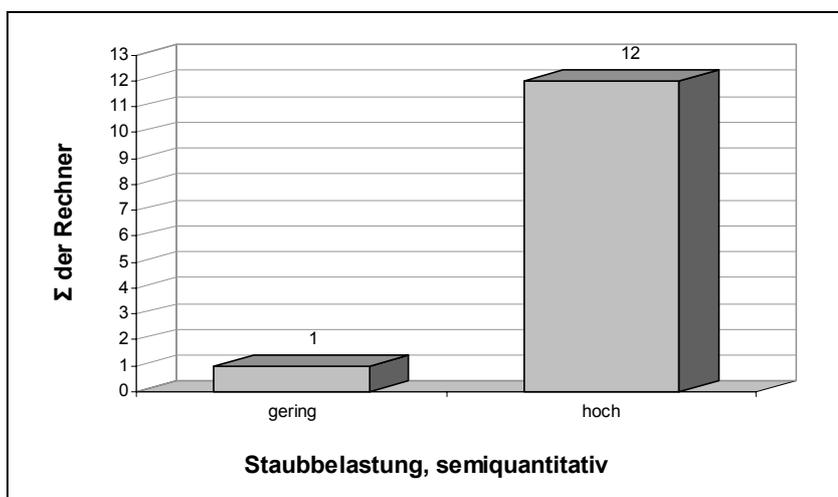


Abbildung 22: Semiquantitative Staubbelastung im Computerinneren des Acer Power 4400 auf der operativen Intensivstation. Dargestellt ist die Anzahl der Computer, deren Staubbelastung gering bzw hoch war (n=13).

## IV.1.5.3 Im operativen Bereich

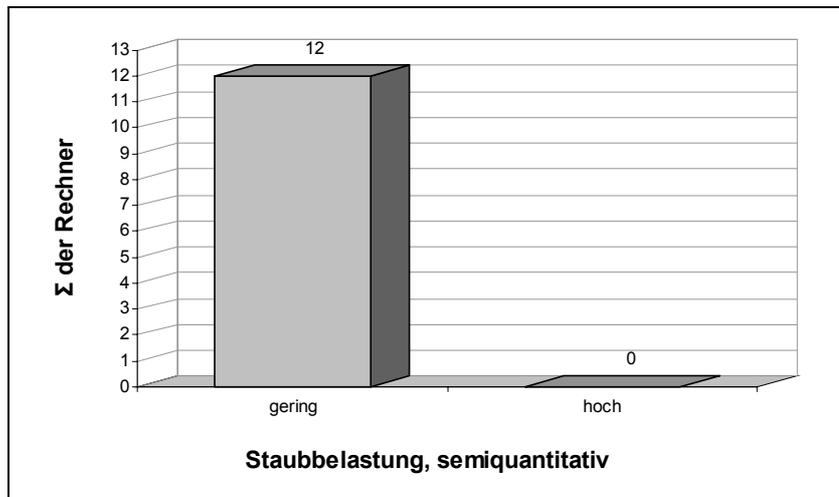


Abbildung 23: Semiquantitative Staubbelastung im Computerinneren des Acer Veriton 5100 im operativen Bereich. Dargestellt ist die Anzahl der Computer, deren Staubbelastung gering bzw hoch war ( $n=12$ ).

## IV.1.5.4 Zusammenfassung der semiquantitativen Bestimmung der Staubbelastung

Zusammenfassend werden in Tabelle 13 die Ergebnisse der semiquantitativen Bestimmung der Staubbelastung der drei Computermodelle und deren Standdauern gegenübergestellt.

Tabelle 13: Staubbelastung verglichen mit der Standdauer der jeweiligen Computermodelle.

Untersuchte Computermodelle	n = Anzahl Computer	Staubbelastung		Standdauer in Monaten
		gering	hoch	
Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation)	13	4	9	25 - 28
Acer Power 4400 (operative Intensivstation)	13	1	12	21 - 22
Acer Veriton 5100 (operativer Bereich)	12	12	0	13

Insgesamt waren beim Acer Power 4400 (operative Intensivstation) bei einem Computer eine geringe und bei zwölf Computern eine hohe Staubbelastung bei einer Standdauer von 21 – 22 Monaten feststellbar, gefolgt vom Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation) mit bei vier Computern geringer und bei neun Computern hoher Staubbelastung bei einer Standdauer von 25 – 28 Monaten. Beim Acer Veriton 5100 (operativer Bereich) mit einer Standdauer von 13 Monaten war bei allen zwölf untersuchten Computern eine geringe Staubbelastung feststellbar.

## IV.2 Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen

### IV.2.1 Im Bereich pädiatrische Intensivstation

Die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgten beim Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation) an n = 13 Computermodellen.

Tabelle 14 zeigt:

- die Einzelzahlen der KBE
  - am Messpunkt „Lüfter-außen“
  - an den 3 Messpunkten innerhalb der Computer
  - am Messpunkt „Abstellfläche-unter-PC“
- die Summen der KBE je Computer von allen Messpunkten (außer „Abstellfläche-unter-PC“)
- die Summen der KBE von allen Computern bezogen auf je einen Messpunkt
- die Maximalwerte von jedem Messpunkt
- den arithmetischen Mittelwert von jedem Messpunkt

Die Ergebnisse der Negativkontrollen wurden nicht aufgelistet, da alle Negativkontrollen unterhalb der Nachweisgrenze lagen. Es geht daraus hervor, dass die Summe der KBE von allen Abstrichen ohne „Abstellfläche-unter-PC“ beim Peacock Procida insgesamt 2032 KBE beträgt. Zu sehen ist, dass die höchste Keimbelastung eines Computers 360 KBE und die niedrigste Keimbelastung 9 KBE beträgt. Am stärksten belastet ist der Messpunkt „Lüfter – innen“ mit insgesamt 862 KBE und am wenigsten belastet der Messpunkt „Metallgehäuse-innen“ mit insgesamt 45 KBE.

Tabelle 14: Vergleich der Messpunkte. PC = Personal Computer; MW = arithmetischer Mittelwert; Max = Maximalwert.

PC	Entnahmestellen				Summe	Entnahmestelle Abstellfläche unter PC
	Lüfter-außen	Lüfter-innen	CPU-Lüfter	Metallgehäuse innen		
1	24	9	201	18	252	6
2	3	105	15	0	123	3
3	6	99	24	21	150	0
4	6	90	21	0	117	0
5	174	126	60	0	360	0
6	153	168	33	0	354	21
7	12	12	0	0	24	0
8	21	18	39	0	78	3
9	99	60	33	6	198	0
10	18	90	69	0	177	3
11	45	6	45	0	96	0
12	0	78	15	0	93	12
13	0	0	9	0	9	0
<b>Summe</b>	<b>561</b>	<b>862</b>	<b>564</b>	<b>45</b>	<b>2032</b>	<b>48</b>
<b>Max</b>	174	168	201	21	360	21
<b>MW</b>	43,2	66,2	43,4	3,5	156,2	3,7

Tabelle 15 zeigt den absoluten und relativen Anteil der einzelnen Keimarten.

Tabelle 15: Aufgliederung in die Einzelsummen der verschiedenen Keimarten und ihr Anteil in Prozent an der Gesamtsumme der gefundenen KBE, ohne „Abstellfläche-unter-PC“.

Keimarten	KBE	Prozentteil
aerobe mesophile Sporenbildner	1537	75,7%
Koagulase negative Staphylokokken	237	11,7%
Mikrokokkus luteus	240	11,8%
Streptokokkus salivarius	9	0,4%
Neisseria subflava	9	0,4%

Abbildung 24 zeigt die Summe KBE der nachgewiesenen Keimarten für die fünf Entnahmestellen der 13 Peacock Procida Computer. Um die Gesamt-Kontamination der Referenzfläche von 8cm<sup>2</sup> zu zeigen und die Ergebnisse besser vergleichbar zu machen, wird in der ersten Säule (schwarz) im Diagramm die Summe aller KBE (Gesamtkeimzahl) pro Entnahmestelle gezeigt. Die weiteren Säulen zeigen von links nach rechts jeweils die Summe der KBE der jeweiligen Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind. Nicht dargestellt in dem Diagramm sind die Negativkontrollen, da bei keiner der mitgeführten Negativkontrollen Bakterien nachgewiesen wurden.

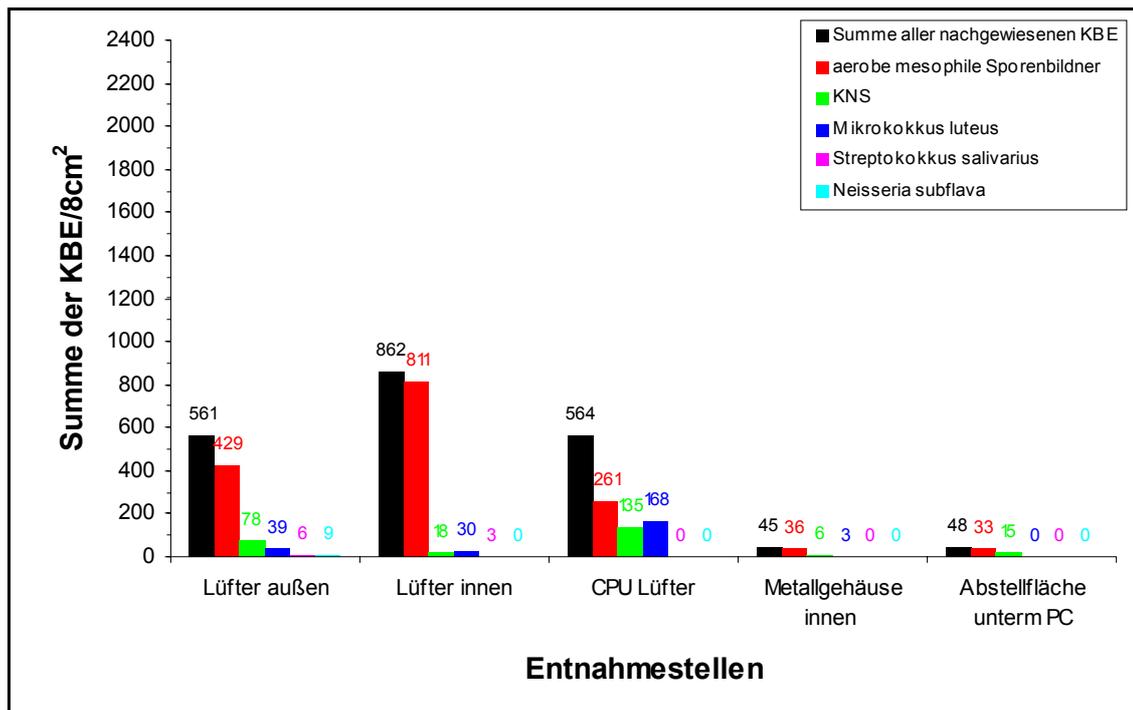


Abbildung 24: Quantitative und qualitative Ergebnisse der bakteriologischen Abstrichuntersuchungen an n=13 Computern im Bereich pädiatrische Intensivstation bezogen auf die einzelnen Entnahmestellen.

In Abbildung 25 werden die Ergebnisse der einzelnen Abstriche an den verschiedenen Messpunkten durch ein Boxplotdiagramm zusammenfassend gezeigt. Im Boxplotdiagramm werden das 25-Perzentil, 50-Perzentil, 75-Perzentil und die Extremwerte dargestellt. Die einzelnen Säulen repräsentieren von links nach rechts die jeweiligen Boxplots für jede Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind.

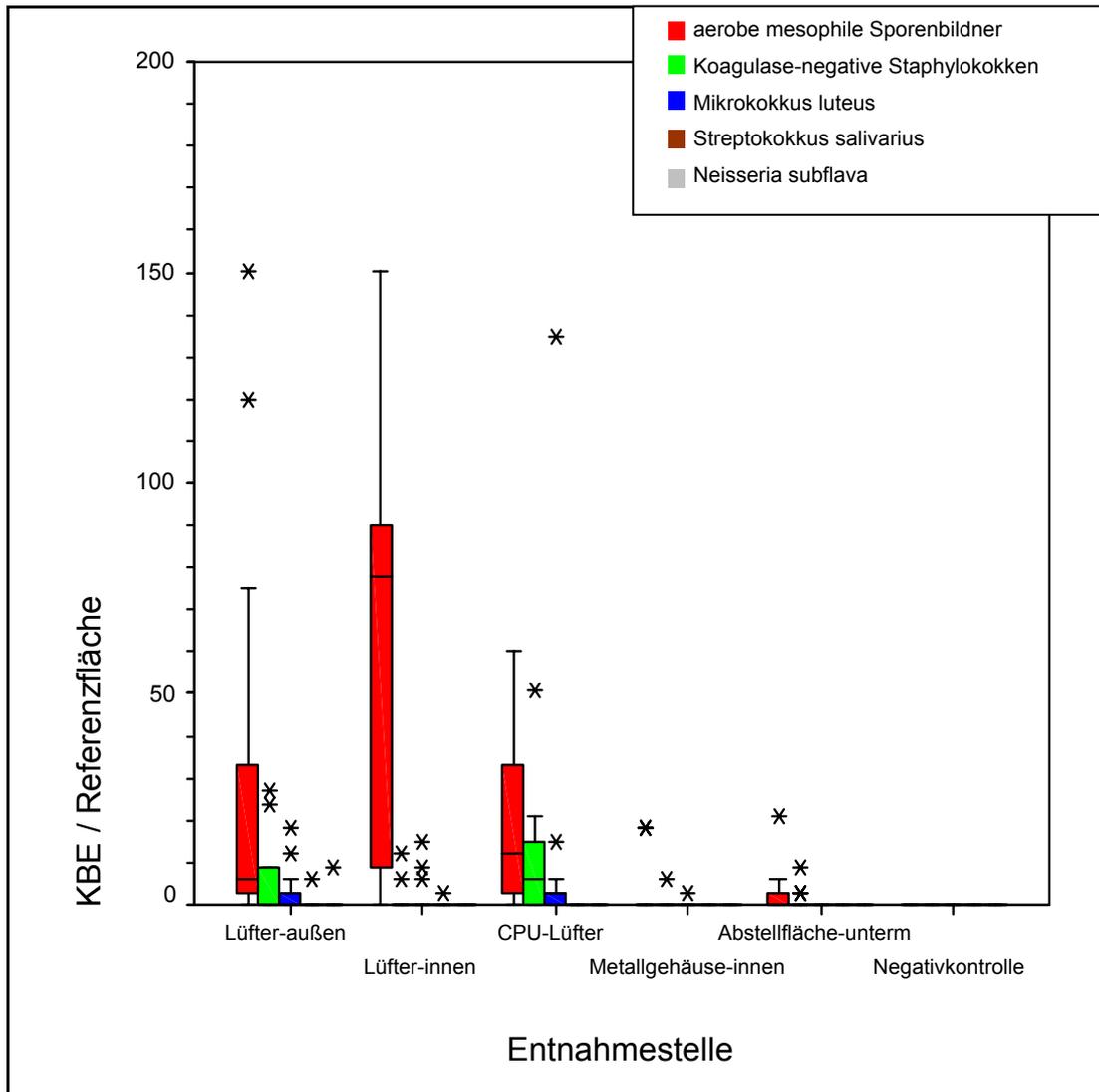


Abbildung 25: KBE / Referenzfläche an den 6 Entnahmestellen bei n=13 Rechnern bei im Bereich pädiatrische Intensivstation. \*=abweichende Werte (Extremwerte), die nicht im 95% Quantil liegen. Abstellfläche-unterm = Abstellfläche-unter-PC

#### IV.2.2 Im Bereich operative Intensivstation

Die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgten beim Acer Power 4400 (operative Intensivstation) an n = 13 Computermodellen.

Tabelle 16 zeigt:

- die Einzelzahlen der KBE
  - am Messpunkt „Lüfter-außen“
  - an den 3 Messpunkten innerhalb der Computer
  - am Messpunkt „Abstellfläche-unter-PC“
- die Summen der KBE je Computer von allen Messpunkten (außer „Abstellfläche-unter-PC“)
- die Summen der KBE von allen Computern bezogen auf je einen Messpunkt

- die Maximalwerte von jedem Messpunkt
- den arithmetischen Mittelwert von jedem Messpunkt

Die Ergebnisse der Negativkontrollen wurden nicht aufgelistet, da alle Negativkontrollen unterhalb der Nachweisgrenze lagen. Es geht daraus hervor, dass die Summe der KBE von allen Abstrichen ohne „Abstellfläche-unter-PC“ beim Acer Power 4400 insgesamt 5062 KBE beträgt. Zu sehen ist, dass die höchste Keimbelastung eines Computers 1053 KBE und die niedrigste Keimbelastung 87 KBE beträgt. Am stärksten belastet ist der Messpunkt „CPU-Lüfter“ mit insgesamt 2311 KBE und am wenigsten belastet der Messpunkt „Lüfter-außen“ mit insgesamt 534 KBE.

Tabelle 16: Vergleich der Messpunkte. PC = Personal Computer; MW = arithmetischer Mittelwert; Max = Maximalwert.

PC	Entnahmestellen				Summe	Entnahmestelle
	Lüfter-außen	Lüfter-innen	CPU-Lüfter	Metallgehäuse innen		Abstellfläche unter PC
1	6	246	210	9	471	0
2	54	39	60	120	273	0
3	21	57	0	9	87	0
4	36	42	6	21	105	0
5	27	18	60	60	165	0
6	30	147	330	18	525	0
7	0	123	129	30	282	0
8	0	81	162	18	261	0
9	75	81	318	72	546	0
10	51	228	129	57	465	0
11	81	255	555	162	1053	0
12	18	156	219	30	423	3
13	135	129	138	3	405	0
<b>Summe</b>	<b>534</b>	<b>1608</b>	<b>2311</b>	<b>609</b>	<b>5062</b>	<b>3</b>
<b>Max</b>	135	255	555	162	1053	3
<b>MW</b>	41,1	123,2	178,2	46,8	389,3	0,2

Tabelle 17 zeigt den absoluten und relativen Anteil der einzelnen Keimarten.

Tabelle 17: Aufgliederung in die Einzelsummen der verschiedenen Keimarten und ihr Anteil in Prozent an der Gesamtsumme der gefundenen KBE, ohne „Abstellfläche-unter-PC“.

Keimarten	KBE	Prozentteil
aerobe mesophile Sporenbildner	2317	45,8%
Koagulase negative Staphylokokken	1695	33,5%
Mikrokokkus luteus	1032	20,3%
Enterokokkus faecium	9	0,2%
S. aureus	3	0,1%
Enterokokkus faecalis	6	0,1%

Abbildung 26 zeigt die Summe KBE der nachgewiesenen Keimarten für die fünf Entnahmestellen der 13 Acer Power 4400 Computer. Um die Gesamt-Kontamination der Referenzfläche von 8cm<sup>2</sup> zu zeigen und die Ergebnisse besser vergleichbar zu machen, wird in der ersten Säule (schwarz) im Diagramm die Summe aller KBE (Gesamtkeimzahl) pro

Entnahmestelle gezeigt. Die weiteren Säulen zeigen von links nach rechts jeweils die Summe der KBE der jeweiligen Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind. Nicht dargestellt in dem Diagramm sind die Negativkontrollen, da bei keiner der mitgeführten Negativkontrollen Bakterien nachgewiesen wurden.

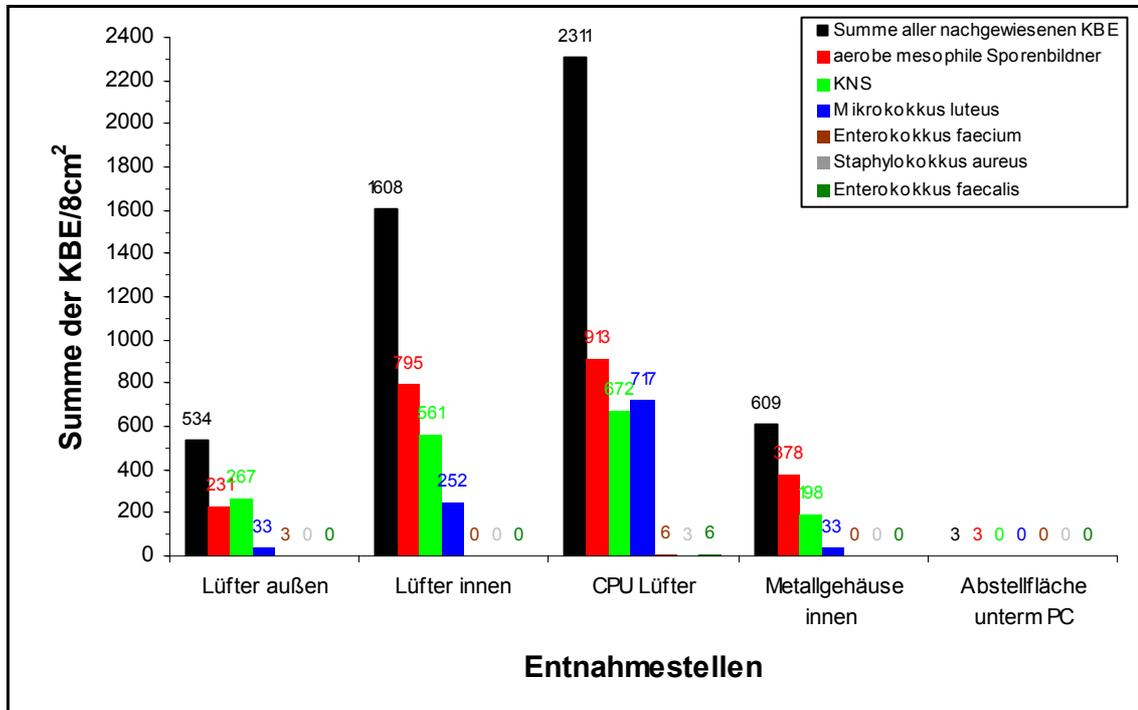


Abbildung 26: Quantitative und qualitative Ergebnisse der bakteriologischen Abstrichuntersuchungen an n=13 Computern im Bereich operative Intensivstation bezogen auf die einzelnen Entnahmestellen.

In Abbildung 27 werden die Ergebnisse der einzelnen Abstriche an den verschiedenen Messpunkten durch ein Boxplotdiagramm zusammenfassend gezeigt. Im Boxplotdiagramm werden das 25-Perzentil, 50-Perzentil, 75-Perzentil und die Extremwerte dargestellt. Die einzelnen Säulen repräsentieren von links nach rechts die jeweiligen Boxplots für jede Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind.

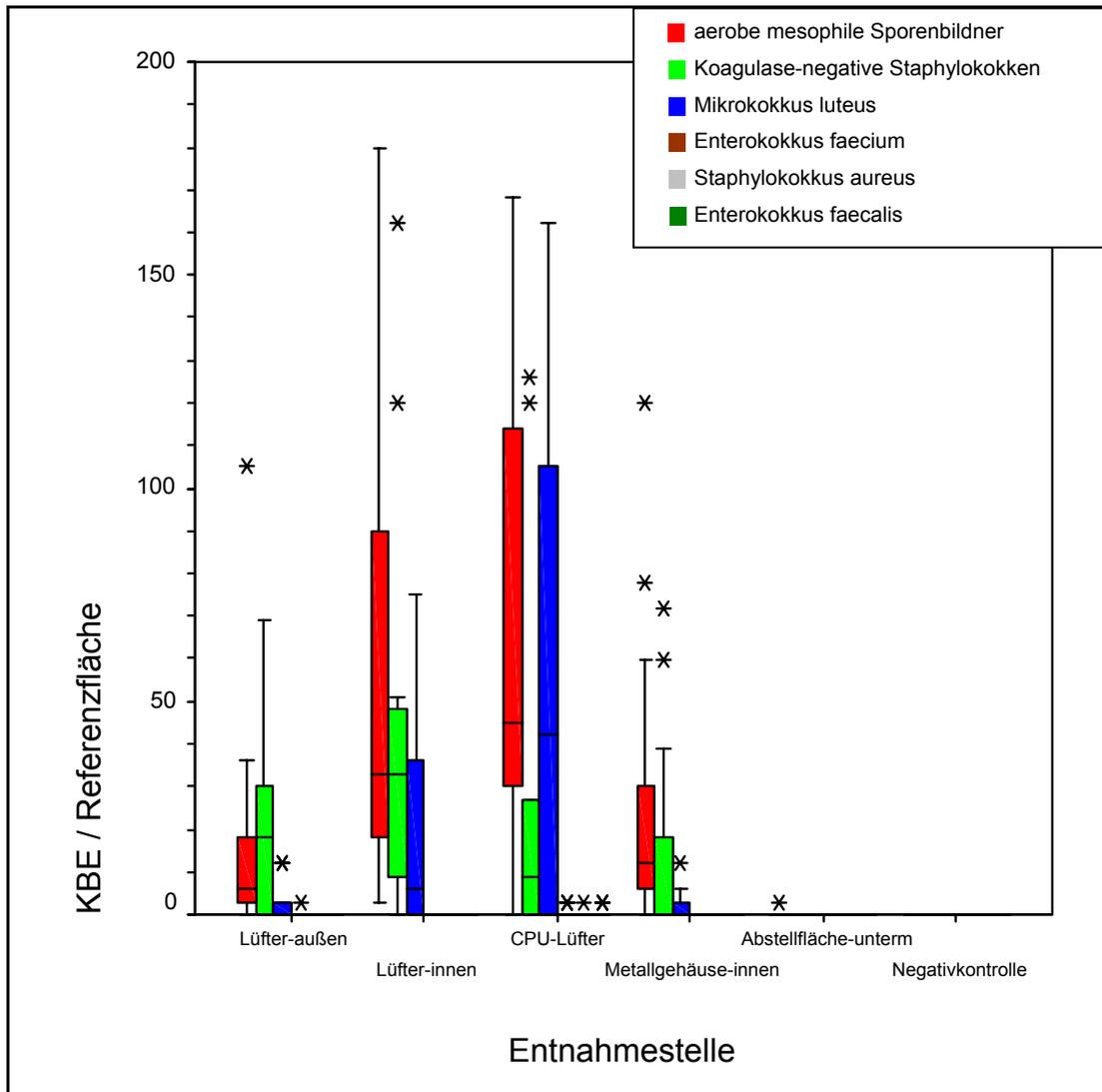


Abbildung 27: KBE / Referenzfläche an den 6 Entnahmestellen bei n=13 Rechnern im Bereich operative Intensivstation. \*= abweichende Werte (Extremwerte), die nicht im 95% Quantil liegen. Abstellfläche-unterm = Abstellfläche-unter-PC.

### IV.2.3 Im operativen Bereich

Die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgten beim Acer Veriton 5100 (operativer Bereich) an n = 12 Computermodellen.

Tabelle 18 zeigt:

- die Einzelzahlen der KBE
  - am Messpunkt „Lüfter-außen“
  - an den 3 Messpunkten innerhalb der Computer
  - am Messpunkt „Abstellfläche-unter-PC“
- die Summen der KBE je Computer von allen Messpunkten (außer „Abstellfläche-unter-PC“)
- die Summen der KBE von allen Computern bezogen auf je einen Messpunkt

- die Maximalwerte von jedem Messpunkt
- den arithmetischen Mittelwert von jedem Messpunkt

Die Ergebnisse der Negativkontrollen wurden nicht aufgelistet, da alle Negativkontrollen unterhalb der Nachweisgrenze lagen. Es geht daraus hervor, dass die Summe der KBE von allen Abstrichen ohne „Abstellfläche-unter-PC“ beim Acer Veriton 5100 insgesamt 1206 KBE beträgt. Zu sehen ist, dass die höchste Keimbelastung eines Computers 255 KBE und die niedrigste Keimbelastung bei zwei Computern 15 KBE beträgt. Am stärksten belastet ist der Messpunkt „CPU-Lüfter“ mit insgesamt 807 KBE und am wenigsten belastet der Messpunkt „Lüfter-außen“ mit insgesamt 15 KBE.

Tabelle 18: Vergleich der Messpunkte. PC = Personal Computer; MW = arithmetischer Mittelwert; Max = Maximalwert.

PC	Entnahmestellen				Summe	Entnahmestelle
	Lüfter-außen	Lüfter-innen	CPU-Lüfter	Metallgehäuse innen		Abstellfläche unter PC
1	0	3	144	3	150	0
2	6	24	102	3	135	0
3	3	0	6	45	54	0
4	0	3	24	0	27	0
5	0	3	33	6	42	0
6	3	0	102	87	192	0
7	0	9	81	123	213	0
8	0	0	0	15	15	0
9	0	0	15	0	15	0
10	0	9	237	9	255	0
11	3	6	51	30	90	0
12	0	0	12	6	18	0
<b>Summe</b>	<b>15</b>	<b>57</b>	<b>807</b>	<b>327</b>	<b>1206</b>	<b>0</b>
<b>Max</b>	6	24	237	123	255	0
<b>MW</b>	1,3	4,8	67,3	27,3	100,5	0,0

Tabelle 19 zeigt den absoluten und relativen Anteil der einzelnen Keimarten.

Tabelle 19: Aufgliederung in die Einzelsummen der verschiedenen Keimarten und ihr Anteil in Prozent an der Gesamtsumme der gefundenen KBE, ohne „Abstellfläche-unter-PC“.

Keimarten	KBE	Prozentteil
aerobe mesophile Sporenbildner	504	41,8%
Koagulase negative Staphylokokken	450	37,3%
Mikrokokkus luteus	252	20,9%

Abbildung 28 zeigt die Summe KBE der nachgewiesenen Keimarten für die fünf Entnahmestellen der 12 Acer Veriton 5100 Computer. Um die Gesamt-Kontamination der Referenzfläche von 8cm<sup>2</sup> zu zeigen und die Ergebnisse besser vergleichbar zu machen, wird in der ersten Säule (schwarz) im Diagramm die Summe aller KBE (Gesamtkeimzahl) pro Entnahmestelle gezeigt. Die weiteren Säulen zeigen von links nach rechts jeweils die Summe der KBE der jeweiligen Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind. Nicht dargestellt in dem Diagramm sind

die Negativkontrollen, da bei keiner der mitgeführten Negativkontrollen Bakterien nachgewiesen wurden.

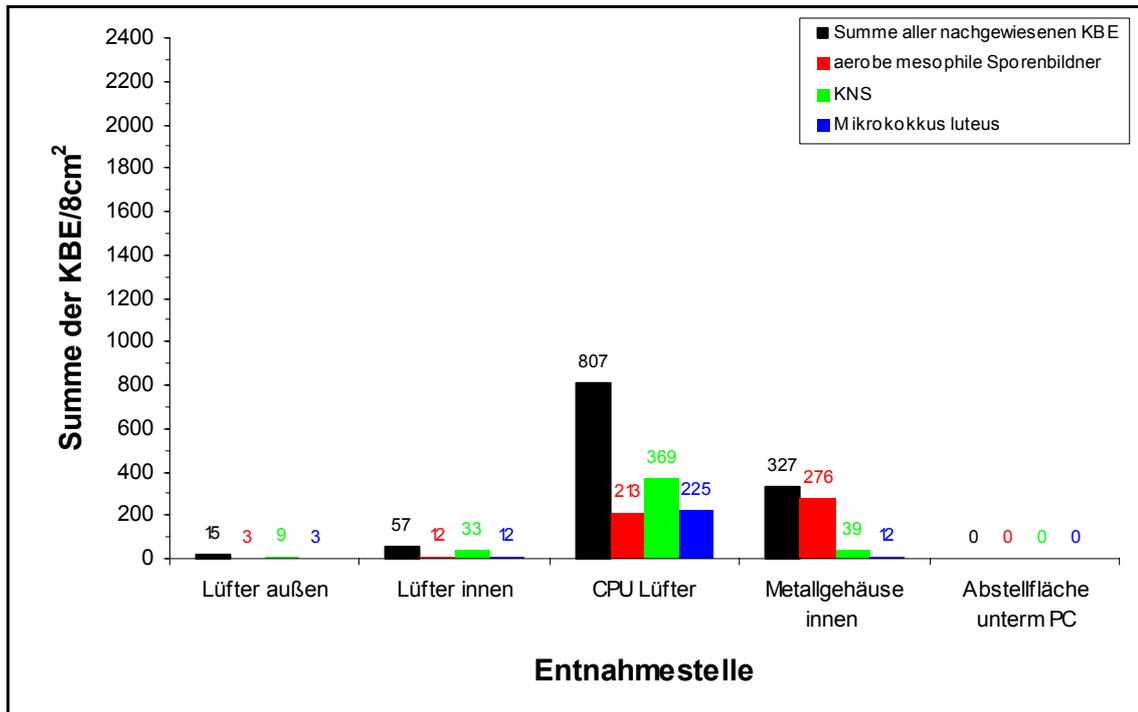


Abbildung 28: Quantitative und qualitative Ergebnisse der bakteriologischen Abstrichuntersuchungen an  $n=12$  Computern im operativen Bereich bezogen auf die einzelnen Entnahmestellen.

In Abbildung 29 werden die Ergebnisse der einzelnen Abstriche an den verschiedenen Messpunkten durch ein Boxplotdiagramm zusammenfassend gezeigt. Im Boxplotdiagramm werden das 25-Perzentil, 50-Perzentil, 75-Perzentil und die Extremwerte dargestellt. Die einzelnen Säulen repräsentieren von links nach rechts die jeweiligen Boxplots für jede Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind.

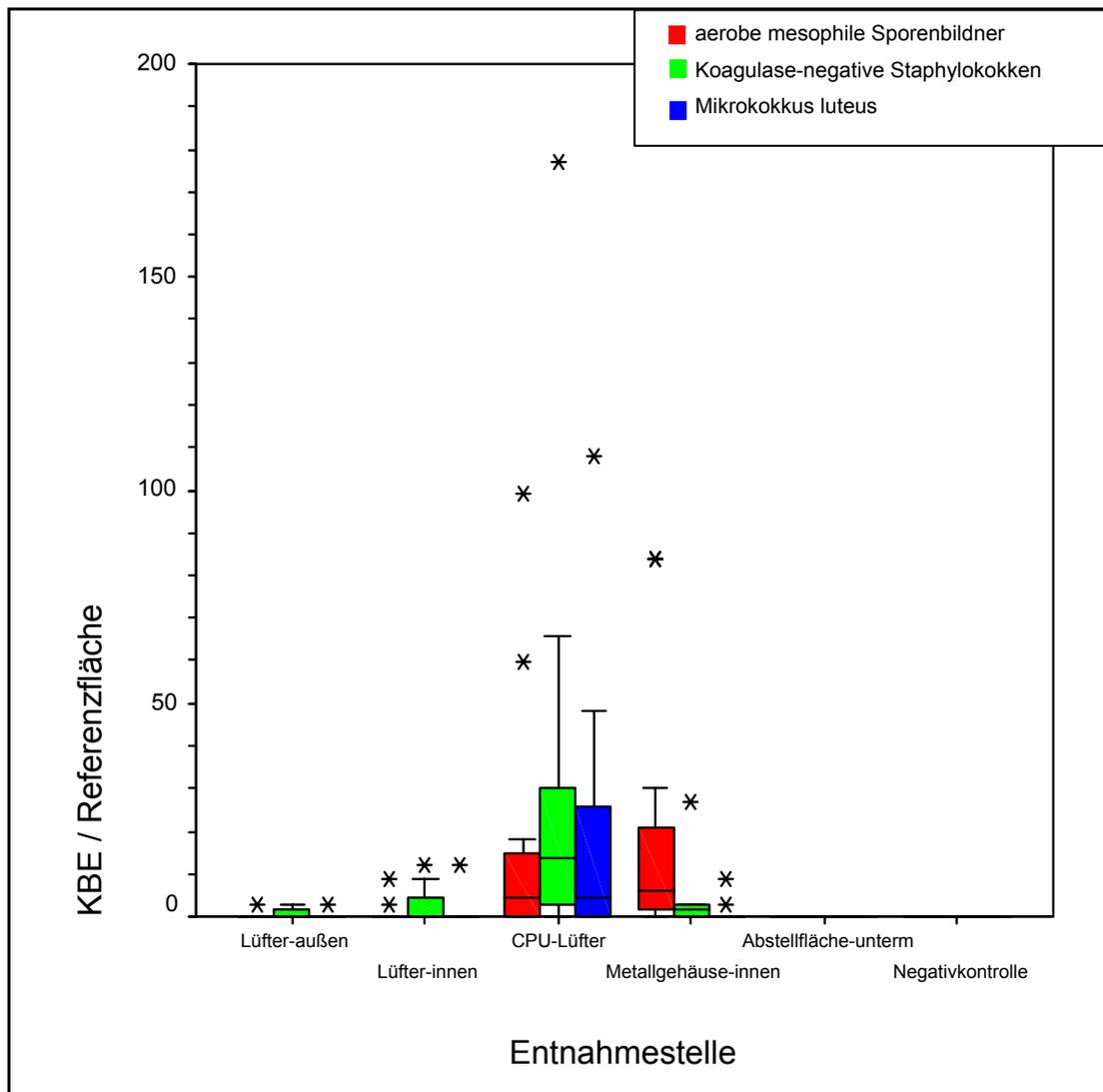


Abbildung 29: KBE / Referenzfläche an den 6 Entnahmestellen bei  $n=12$  Rechnern im operativen Bereich. \*= abweichende Werte (Extremwerte), die nicht im 95% Quantil liegen. Abstellfläche-unterm = Abstellfläche-unter-PC.

### IV.3 Ergebnisse der mykologischen Untersuchung ( $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ )

#### IV.3.1 Im Bereich pädiatrische Intensivstation

Die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgten beim Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation) an  $n = 13$  Computermodellen.

Tabelle 20 zeigt:

- die Einzelzahlen der KBE
  - am Messpunkt „Lüfter-außen“
  - an den 3 Messpunkten innerhalb der Computer
  - am Messpunkt „Abstellfläche-unter-PC“
- die Summen der KBE je Computer von allen Messpunkten (außer „Abstellfläche-unter-“)

PC“)

- die Summen der KBE von allen Computern bezogen auf je einen Messpunkt
- die Maximalwerte von jedem Messpunkt
- den arithmetischen Mittelwert von jedem Messpunkt

Die Ergebnisse der Negativkontrollen wurden nicht aufgelistet, da alle Negativkontrollen unterhalb der Nachweisgrenze lagen. Es geht daraus hervor, dass die Summe der KBE von allen Abstrichen ohne „Abstellfläche-unter-PC“ beim Peacock Procida insgesamt 1716 KBE beträgt. Zu sehen ist, dass die höchste Keimbelastung eines Computers 306 KBE und die niedrigste Keimbelastung 30 KBE beträgt. Am stärksten belastet ist der Messpunkt „Lüfter – innen“ mit insgesamt 660 KBE und am wenigsten belastet der Messpunkt „Metallgehäuse – innen“ mit insgesamt 15 KBE.

Tabelle 20: Vergleich der Messpunkte. PC = Personal Computer; MW = arithmetischer Mittelwert; Max = Maximalwert.

PC	Entnahmestellen				Summe	Entnahmestelle
	Lüfter-außen	Lüfter-innen	CPU-Lüfter	Metallgehäuse innen		Abstellfläche unter PC
1	6	0	39	0	45	0
2	0	48	6	0	54	0
3	6	99	9	3	117	0
4	3	24	24	0	51	0
5	9	66	15	0	90	0
6	96	60	45	0	201	12
7	165	105	36	0	306	12
8	30	69	111	0	210	3
9	63	36	66	3	168	0
10	96	72	45	0	213	0
11	78	39	60	0	177	0
12	12	42	18	9	81	24
13	21	0	9	0	30	0
<b>Summe</b>	<b>585</b>	<b>660</b>	<b>456</b>	<b>15</b>	<b>1716</b>	<b>51</b>
<b>Max</b>	165	105	111	9	306	24
<b>MW</b>	45,0	50,8	37,2	1,2	134,1	3,9

Tabelle 21 zeigt den absoluten und relativen Anteil der einzelnen Keimarten

Tabelle 21: Aufgliederung in die Einzelsummen der verschiedenen Keimarten und ihr Anteil in Prozent an der Gesamtsumme der gefundenen KBE, ohne „Abstellfläche-unter-PC“.

Keimarten	KBE	Prozentteil
Mucor sp.	729	42,5%
Penicillium sp.	669	39,0%
Aspergillus sp.	135	7,8%
Aspergillus niger	63	3,7%
Cladosporium herbarum	120	7,0%

Abbildung 30 zeigt die Summe KBE der nachgewiesenen Keimarten für die fünf Entnahmestellen der 13 Peacock Procida Computer. Um die Gesamt-Kontamination der Referenzfläche von 8cm<sup>2</sup> zu zeigen und die Ergebnisse besser vergleichbar zu machen, wird

in der ersten Säule (schwarz) im Diagramm die Summe aller KBE (Gesamtkeimzahl) pro Entnahmestelle gezeigt. Die weiteren Säulen zeigen von links nach rechts jeweils die Summe der KBE der jeweiligen Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind. Nicht dargestellt in dem Diagramm sind die Negativkontrollen, da bei keiner der mitgeführten Negativkontrollen Pilze nachgewiesen wurden.

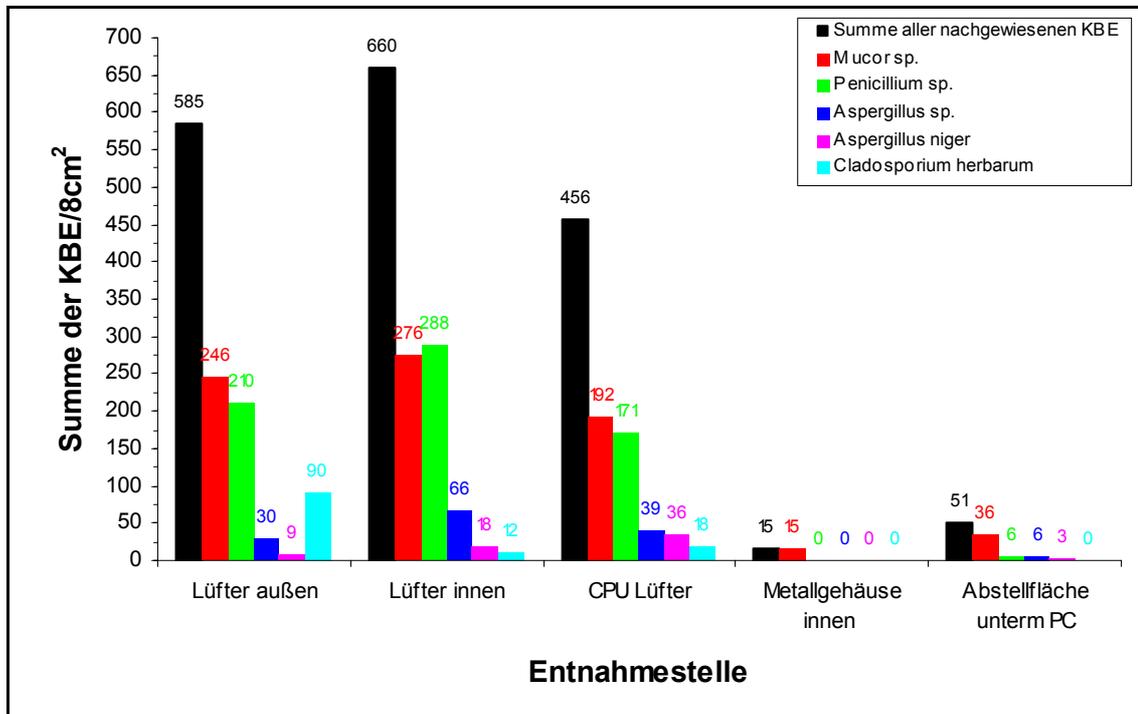


Abbildung 30: Quantitative und qualitative Ergebnisse der mykologischen Abstrichuntersuchungen an n=13 Computern im Bereich pädiatrische Intensivstation bezogen auf die einzelnen Entnahmestellen.

In Abbildung 31 sind die Einzelergebnisse der einzelnen Abstriche durch ein Boxplotdiagramm zusammenfassend dargestellt. Im Boxplotdiagramm werden das 25-Perzentil, 50-Perzentil, 75-Perzentil und die Extremwerte dargestellt. Die einzelnen Säulen repräsentieren von links nach rechts die jeweiligen Boxplots für jede Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind.

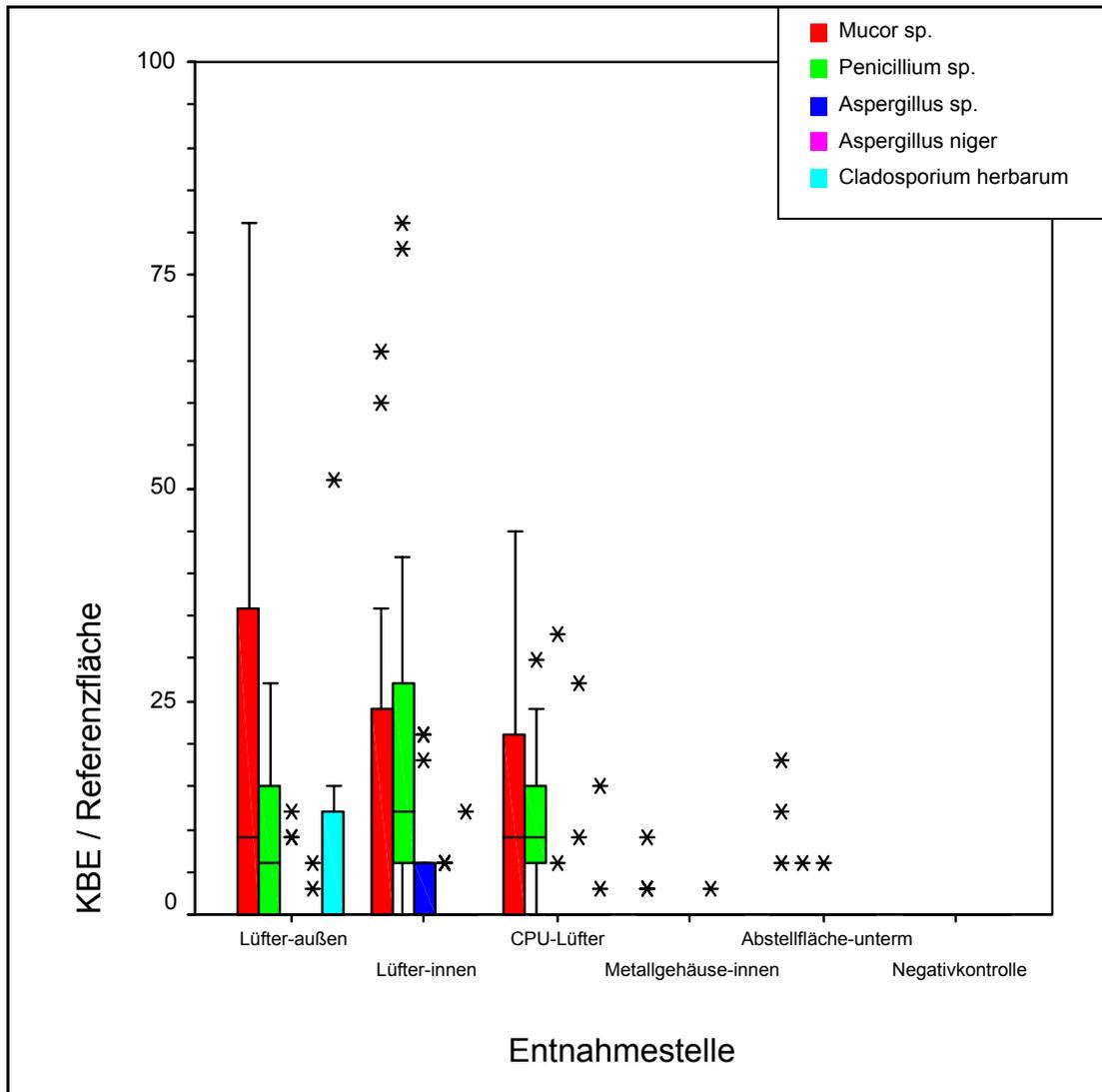


Abbildung 31: KBE / Referenzfläche an den 6 Entnahmestellen bei n=13 Rechnern im Bereich pädiatrische Intensivstation. \*= abweichende Werte (Extremwerte), die nicht im 95% Quantil liegen. Abstellfläche-unterm = Abstellfläche-unter-PC.

### IV.3.2 Im Bereich operative Intensivstation

Die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgten beim Acer Power 4400 (operative Intensivstation) an n = 13 Computermodellen.

Tabelle 22 zeigt:

- die Einzelzahlen der KBE
  - am Messpunkt „Lüfter-außen“
  - an den 3 Messpunkten innerhalb der Computer
  - am Messpunkt „Abstellfläche-unter-PC“
- die Summen der KBE je Computer von allen Messpunkten (außer „Abstellfläche-unter-PC“)
- die Summen der KBE von allen Computern bezogen auf je einen Messpunkt

- die Maximalwerte von jedem Messpunkt
- den arithmetischen Mittelwert von jedem Messpunkt

Die Ergebnisse der Negativkontrollen wurden nicht aufgelistet, da alle Negativkontrollen unterhalb der Nachweisgrenze lagen. Es geht daraus hervor, dass die Summe der KBE von allen Abstrichen ohne „Abstellfläche-unter-PC“ beim Acer Power 4400 insgesamt 417 KBE beträgt. Zu sehen ist, dass die höchste Keimbelastung eines Computers 117 KBE und die niedrigste Keimbelastung 0 KBE beträgt. Am stärksten belastet ist der Messpunkt „CPU-Lüfter“ mit insgesamt 219 KBE und am wenigsten belastet der Messpunkt „Lüfter-außen“ mit insgesamt 18 KBE.

Tabelle 22: Vergleich der Messpunkte. PC = Personal Computer; MW = arithmetischer Mittelwert; Max = Maximalwert.

PC	Entnahmestellen				Summe	Entnahmestelle
	Lüfter-außen	Lüfter-innen	CPU-Lüfter	Metallgehäuse innen		Abstellfläche unter PC
1	0	9	9	0	18	0
2	0	33	21	0	54	0
3	0	6	3	0	9	0
4	0	12	0	3	15	0
5	0	0	12	0	12	0
6	6	51	54	6	117	0
7	0	15	30	0	45	0
8	0	0	18	0	18	0
9	0	3	3	3	9	0
10	0	0	0	0	0	0
11	6	0	12	3	21	0
12	3	6	3	6	18	0
13	3	24	54	0	81	0
<b>Summe</b>	<b>18</b>	<b>159</b>	<b>219</b>	<b>21</b>	<b>417</b>	<b>0</b>
<b>Max</b>	6	51	54	6	117	0
<b>MW</b>	1,4	12,2	16,8	1,6	32,1	0,0

Tabelle 23 zeigt den absoluten und relativen Anteil der einzelnen Keimarten.

Tabelle 23: Aufgliederung in die Einzelsummen der verschiedenen Keimarten und ihr Anteil in Prozent an der Gesamtsumme der gefundenen KBE, ohne „Abstellfläche-unter-PC“.

Keimarten	KBE	Prozentteil
Mucor sp.	204	48,8%
Penicillium sp.	72	17,3%
Aspergillus sp.	75	18,0%
Aspergillus niger	48	11,5%
Cladosporium herbarum	9	2,2%
Chyso sporium	9	2,2%

Abbildung 32 zeigt die Summe KBE der nachgewiesenen Keimarten für die fünf Entnahmestellen der 13 Acer Power 4400 Computer. Um die Gesamt-Kontamination der Referenzfläche von 8cm<sup>2</sup> zu zeigen und die Ergebnisse besser vergleichbar zu machen, wird in der ersten Säule (schwarz) im Diagramm die Summe aller KBE (Gesamtkeimzahl) pro

Entnahmestelle gezeigt. Die weiteren Säulen zeigen von links nach rechts jeweils die Summe der KBE der jeweiligen Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind. Nicht dargestellt in dem Diagramm sind die Negativkontrollen, da bei keiner der mitgeführten Negativkontrollen Pilze nachgewiesen wurden.

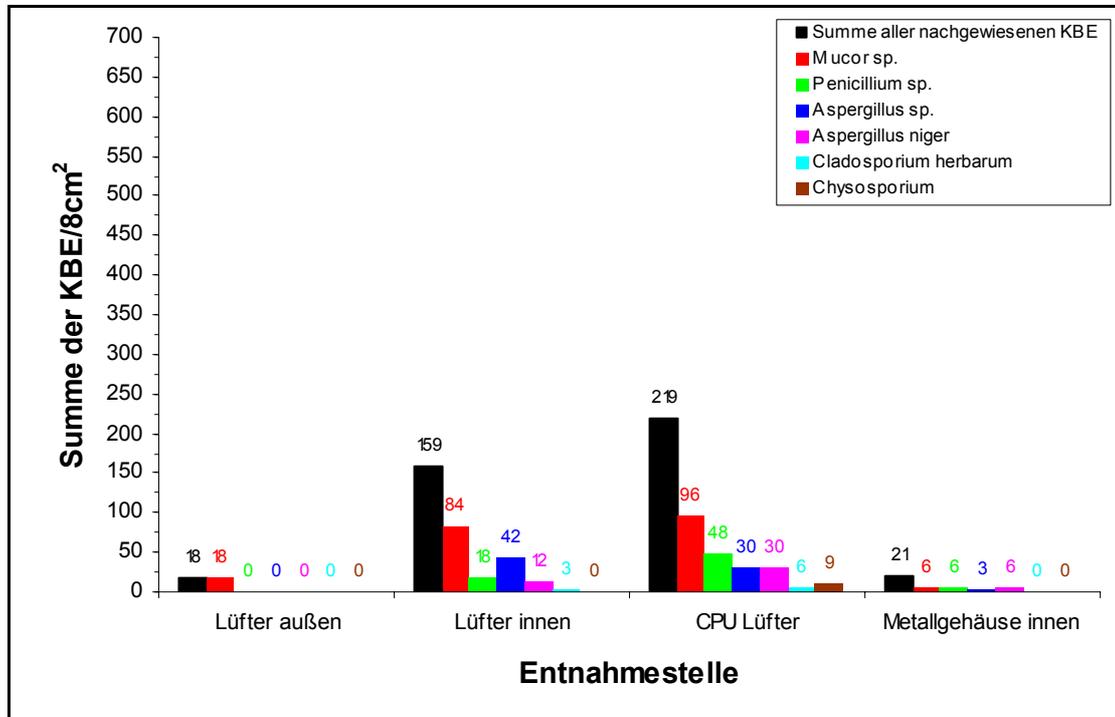


Abbildung 32: Quantitative und qualitative Ergebnisse der mykologischen Abstrichuntersuchungen an  $n=13$  Computern im Bereich operative Intensivstation bezogen auf die einzelnen Entnahmestellen.

In Abbildung 33 werden die Ergebnisse der einzelnen Abstriche an den verschiedenen Messpunkten durch ein Boxplotdiagramm zusammenfassend gezeigt. Im Boxplotdiagramm werden das 25-Perzentil, 50-Perzentil, 75-Perzentil und die Extremwerte dargestellt. Die einzelnen Säulen repräsentieren von links nach rechts die jeweiligen Boxplots für jede Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind.

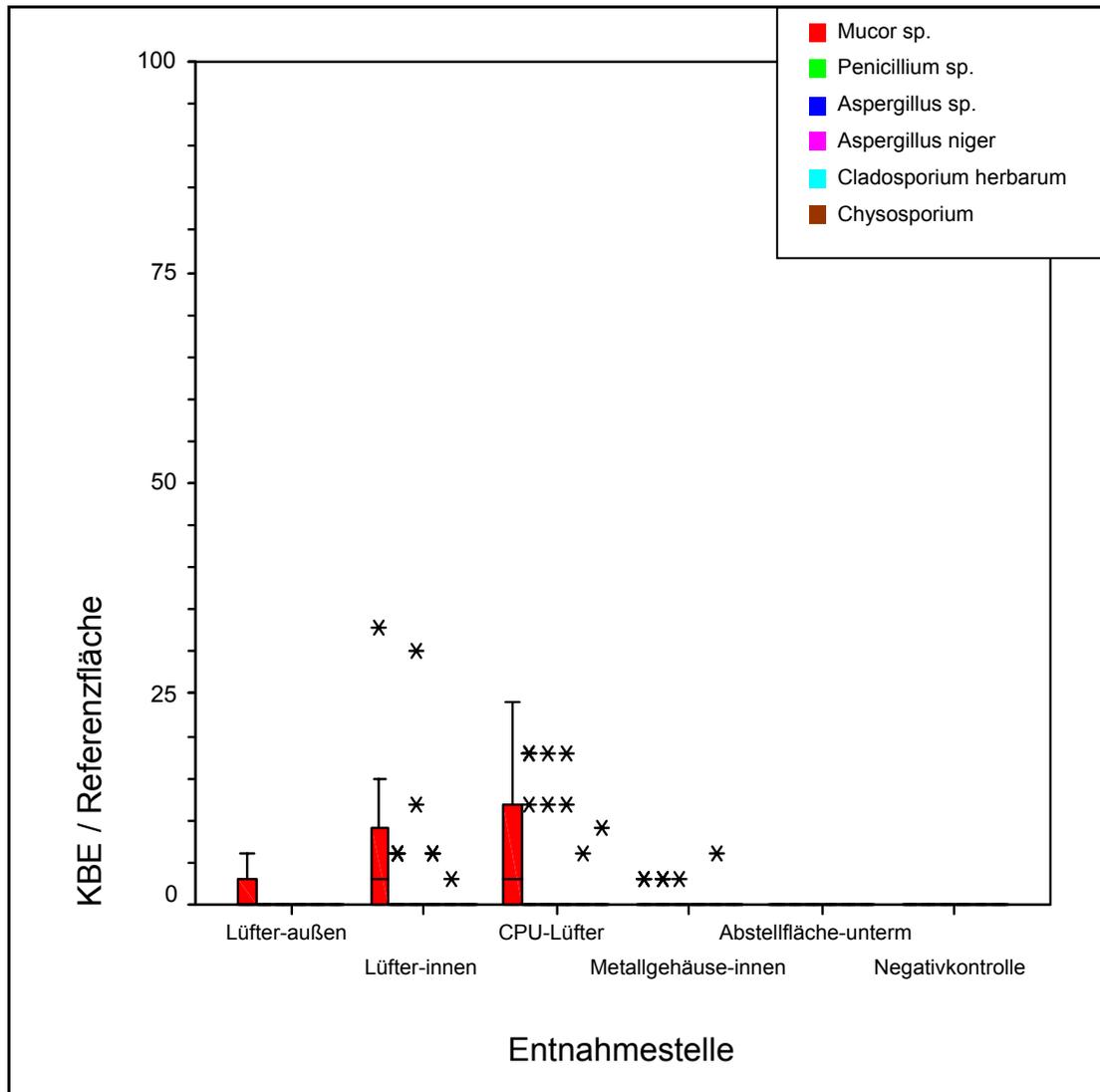


Abbildung 33: KBE / Referenzfläche an den 6 Entnahmestellen bei n=13 Rechnern im Bereich operative Intensivstation. \*= abweichende Werte (Extremwerte), die nicht im 95% Quantil liegen. Abstellfläche-unterm = Abstellfläche-unter-PC.

### IV.3.3 Im operativen Bereich

Die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgten beim Acer Veriton 5100 (operative Bereich) an n = 12 Computermodellen.

Tabelle 24 zeigt:

- die Einzelzahlen der KBE
  - am Messpunkt „Lüfter-außen“
  - an den 3 Messpunkten innerhalb der Computer
  - am Messpunkt „Abstellfläche-unter-PC“
- die Summen der KBE je Computer von allen Messpunkten (außer „Abstellfläche-unter-PC“)
- die Summen der KBE von allen Computern bezogen auf je einen Messpunkt

- die Maximalwerte von jedem Messpunkt
- den arithmetischen Mittelwert von jedem Messpunkt

Die Ergebnisse der Negativkontrollen wurden nicht aufgelistet, da alle Negativkontrollen unterhalb der Nachweisgrenze lagen. Es geht daraus hervor, dass die Summe der KBE von allen Abstrichen ohne „Abstellfläche-unter-PC“ beim Acer Veriton 5100 insgesamt 90 KBE beträgt. Zu sehen ist, dass die höchste Keimbelastung eines Computers 18 KBE und die niedrigste Keimbelastung bei zwei Computern 0 KBE beträgt. Am stärksten belastet ist der Messpunkt „CPU-Lüfter“ mit insgesamt 36 KBE und am wenigsten belastet der Messpunkt „Lüfter-außen“ mit insgesamt 12 KBE.

Tabelle 24: Vergleich der Messpunkte. PC = Personal Computer; MW = arithmetischer Mittelwert; Max = Maximalwert.

PC	Entnahmestellen				Summe	Entnahmestelle
	Lüfter-außen	Lüfter-innen	CPU-Lüfter	Metallgehäuse innen		Abstellfläche unter PC
1	0	15	0	3	18	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	9	9	0
4	0	0	6	0	6	0
5	0	3	6	0	9	0
6	3	0	9	3	15	0
7	0	0	3	0	3	0
8	3	0	3	3	9	0
9	0	3	0	0	3	0
10	3	0	6	3	12	0
11	0	0	0	0	0	0
12	3	0	3	0	6	0
<b>Summe</b>	<b>12</b>	<b>21</b>	<b>36</b>	<b>21</b>	<b>90</b>	<b>0</b>
<b>Max</b>	3	15	9	9	18	0
<b>MW</b>	1,0	1,8	3,0	1,8	7,5	0,0

Tabelle 25 zeigt den absoluten und relativen Anteil der einzelnen Keimarten.

Tabelle 25: Aufgliederung in die Einzelsummen der verschiedenen Keimarten und ihr Anteil in Prozent an der Gesamtsumme der gefundenen KBE, ohne „Abstellfläche-unter-PC“.

Keimarten	KBE	Prozentteil
Mucor sp.	60	66,7%
Penicillium sp.	3	3,3%
Aspergillus sp.	15	16,7%
Aspergillus niger	9	10,0%
Cladosporium herbarum	3	3,3%

Abbildung 34 zeigt die Summe KBE der nachgewiesenen Keimarten für die fünf Entnahmestellen der 12 Acer Veriton 5100 Computer. Um die Gesamt-Kontamination der Referenzfläche von 8cm<sup>2</sup> zu zeigen und die Ergebnisse besser vergleichbar zu machen, wird in der ersten Säule (schwarz) im Diagramm die Summe aller KBE (Gesamtkeimzahl) pro Entnahmestelle gezeigt. Die weiteren Säulen zeigen von links nach rechts jeweils die

Summe der KBE der jeweiligen Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind. Nicht dargestellt in dem Diagramm sind die Negativkontrollen, da bei keiner der mitgeführten Negativkontrollen Pilze nachgewiesen wurden.

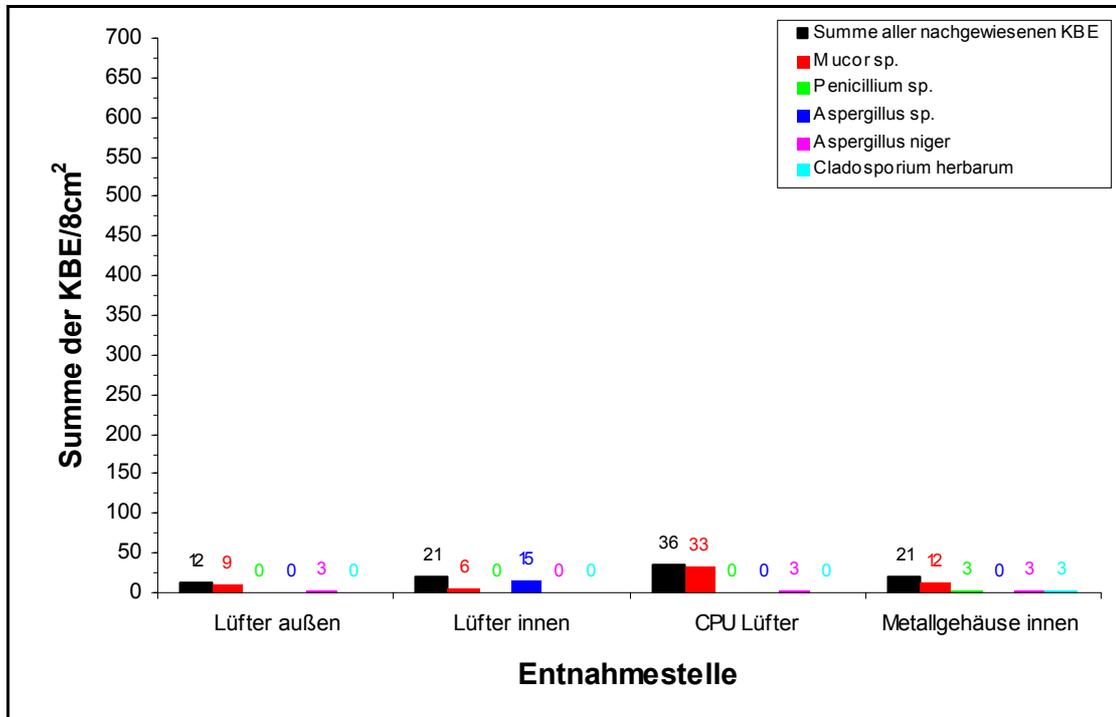


Abbildung 34: Quantitative und qualitative Ergebnisse der mykologischen Abstrichuntersuchungen an  $n=12$  Computern im operativen Bereich bezogen auf die einzelnen Entnahmestellen.

In Abbildung 35 werden die Ergebnisse der einzelnen Abstriche an den verschiedenen Messpunkten durch ein Boxplotdiagramm zusammenfassend gezeigt. Im Boxplotdiagramm werden das 25-Perzentil, 50-Perzentil, 75-Perzentil und die Extremwerte dargestellt. Die einzelnen Säulen repräsentieren von links nach rechts die jeweiligen Boxplots für jede Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind.

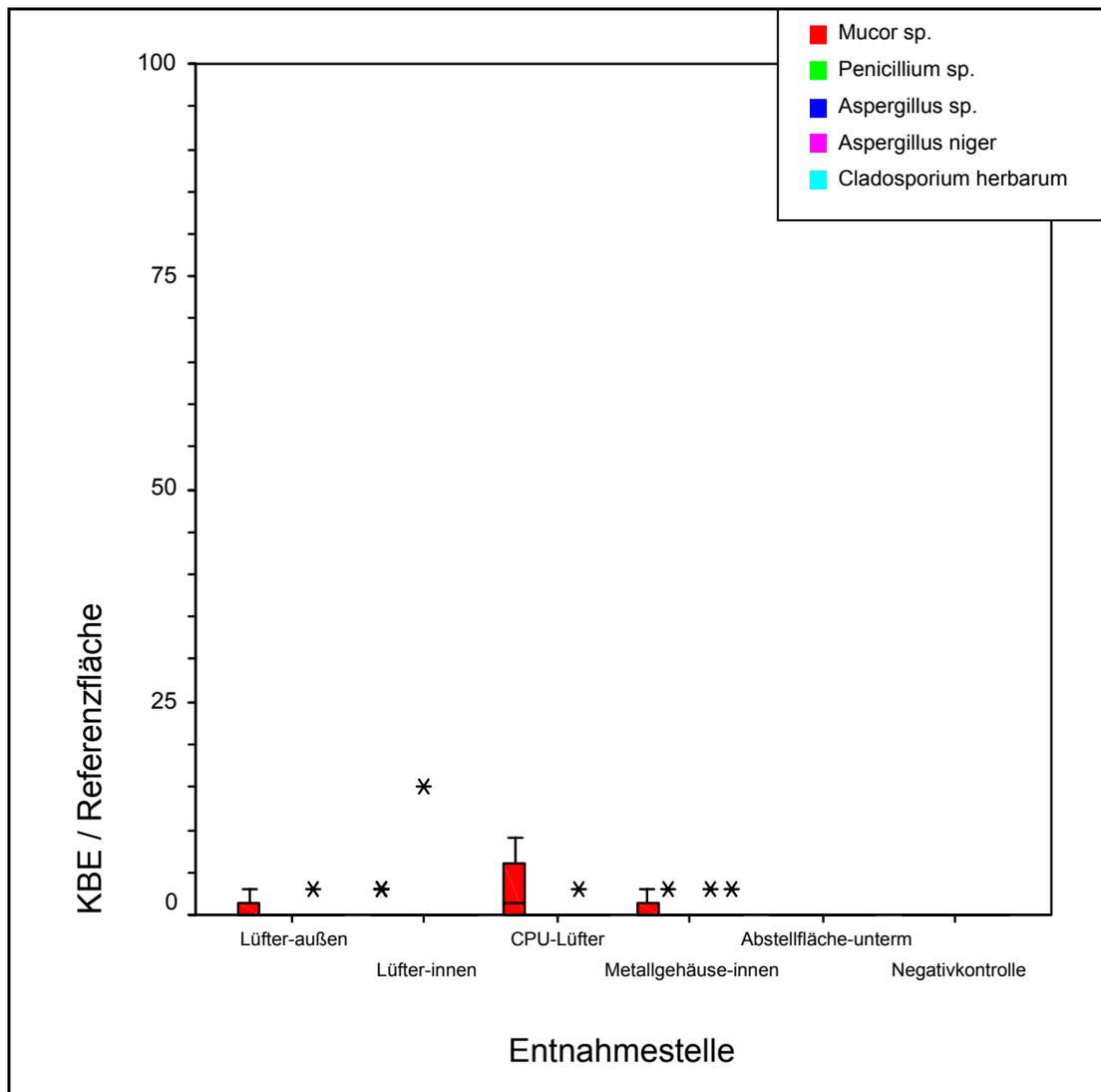


Abbildung 35: KBE / Referenzfläche an den 6 Entnahmestellen bei  $n=12$  Rechnern im operativen Bereich. \*= abweichende Werte (Extremwerte), die nicht im 95% Quantil liegen. Abstellfläche-unterm = Abstellfläche-unter-PC.

## IV.4 Ergebnisse der mykologischen Untersuchungen ( $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ )

### IV.4.1 Im Bereich pädiatrische Intensivstation

Die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgten beim Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation) an  $n = 13$  Computermodellen.

Tabelle 26 zeigt:

- die Einzelzahlen der KBE
  - am Messpunkt „Lüfter-außen“
  - an den 3 Messpunkten innerhalb der Computer
  - am Messpunkt „Abstellfläche-unter-PC“
- die Summen der KBE je Computer von allen Messpunkten (außer „Abstellfläche-unter-“)

PC“)

- die Summen der KBE von allen Computern bezogen auf je einen Messpunkt
- die Maximalwerte von jedem Messpunkt
- den arithmetischen Mittelwert von jedem Messpunkt

Die Ergebnisse der Negativkontrollen wurden nicht aufgelistet, da alle Negativkontrollen unterhalb der Nachweisgrenze lagen. Es geht daraus hervor, dass die Summe der KBE von allen Abstrichen ohne „Abstellfläche-unter-PC“ beim Peacock Procida insgesamt 696 KBE beträgt. Zu sehen ist, dass die höchste Keimbelastung eines Computers 96 KBE und die niedrigste Keimbelastung 6 KBE beträgt. Am stärksten belastet ist der Messpunkt „Lüfter – innen“ mit insgesamt 363 KBE und am wenigsten belastet der Messpunkt „Metallgehäuse-innen“ mit insgesamt 0 KBE.

Tabelle 26: Vergleich der Messpunkte. PC = Personal Computer; MW = arithmetischer Mittelwert; Max = Maximalwert.

PC	Entnahmestellen				Summe	Entnahmestelle
	Lüfter-außen	Lüfter-innen	CPU-Lüfter	Metallgehäuse innen		Abstellfläche unter PC
1	9	0	9	0	18	0
2	0	6	0	0	6	0
3	6	12	9	0	27	0
4	0	45	15	0	60	0
5	0	54	3	0	57	0
6	12	60	9	0	81	0
7	18	30	0	0	48	6
8	6	9	39	0	54	0
9	12	36	27	0	75	0
10	15	36	18	0	69	0
11	24	51	21	0	96	0
12	30	24	9	0	63	9
13	0	0	42	0	42	0
<b>Summe</b>	<b>132</b>	<b>363</b>	<b>201</b>	<b>0</b>	<b>696</b>	<b>15</b>
<b>Max</b>	30	60	42	0	96	9
<b>MW</b>	10,2	27,9	15,5	0,0	53,5	1,2

Tabelle 27 zeigt den absoluten und relativen Anteil der einzelnen Keimarten.

Tabelle 27: Aufgliederung in die Einzelsummen der verschiedenen Keimarten und ihr Anteil in Prozent an der Gesamtsumme der gefundenen KBE, ohne „Abstellfläche-unter-PC“.

Keimarten	KBE	Prozentteil
Mucor sp.	528	75,9%
Penicillium sp.	39	5,6%
Aspergillus sp.	21	3,0%
Aspergillus niger	108	15,5%

Abbildung 36 zeigt die Summe KBE der nachgewiesenen Keimarten für die fünf Entnahmestellen der 13 Peacock Procida Computer. Um die Gesamt-Kontamination der Referenzfläche von 8cm<sup>2</sup> zu zeigen und die Ergebnisse besser vergleichbar zu machen, wird in der ersten Säule (schwarz) im Diagramm die Summe aller KBE (Gesamtkeimzahl) pro

Entnahmestelle gezeigt. Die weiteren Säulen zeigen von links nach rechts jeweils die Summe der KBE der jeweiligen Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind. Nicht dargestellt in dem Diagramm sind die Negativkontrollen, da bei keiner der mitgeführten Negativkontrollen Pilze nachgewiesen wurden.

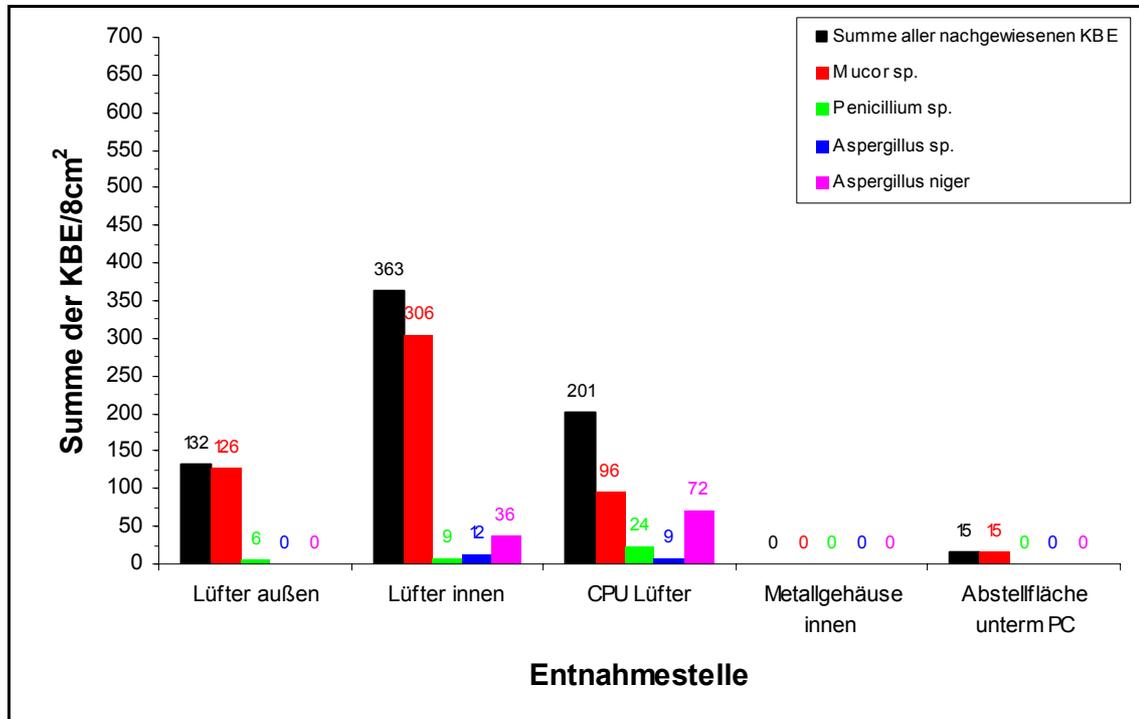


Abbildung 36: Quantitative und qualitative Ergebnisse der mykologischen Abstrichuntersuchungen an n=13 Computern im Bereich pädiatrische Intensivstation bezogen auf die einzelnen Entnahmestellen.

In Abbildung 37 sind die Einzelergebnisse der einzelnen Abstriche durch ein Boxplotdiagramm zusammenfassend dargestellt. Im Boxplotdiagramm werden das 25-Perzentil, 50-Perzentil, 75-Perzentil und die Extremwerte dargestellt. Die einzelnen Säulen repräsentieren von links nach rechts die jeweiligen Boxplots für jede Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind.

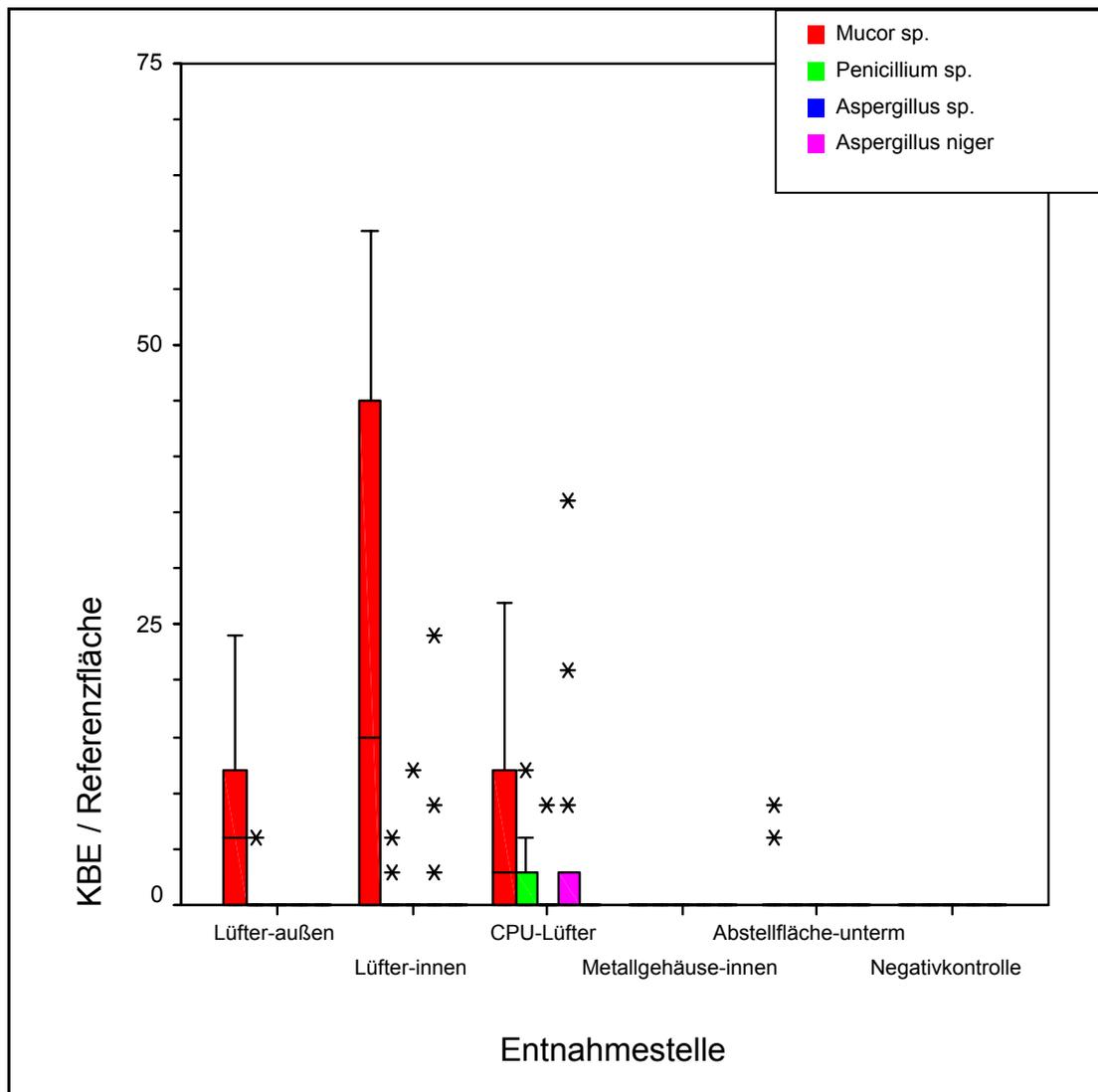


Abbildung 37: KBE / Referenzfläche an den 6 Entnahmestellen bei n=13 Rechnern im Bereich pädiatrische Intensivstation. \*=abweichende Werte (Extremwerte), die nicht im 95% Quantil liegen. Abstellfläche-unterm = Abstellfläche-unter-PC.

#### IV.4.2 Im Bereich operative Intensivstation

Die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgten beim Acer Power 4400 (operative Intensivstation) an n = 13 Computermodellen.

Tabelle 28 zeigt:

- die Einzelzahlen der KBE
  - am Messpunkt „Lüfter-außen“
  - an den 3 Messpunkten innerhalb der Computer
  - am Messpunkt „Abstellfläche-unter-PC“
- die Summen der KBE je Computer von allen Messpunkten (außer „Abstellfläche-unter-PC“)
- die Summen der KBE von allen Computern bezogen auf je einen Messpunkt

- die Maximalwerte von jedem Messpunkt
- den arithmetischen Mittelwert von jedem Messpunkt

Die Ergebnisse der Negativkontrollen wurden nicht aufgelistet, da alle Negativkontrollen unterhalb der Nachweisgrenze lagen. Es geht daraus hervor, dass die Summe der KBE von allen Abstrichen ohne „Abstellfläche-unter-PC“ beim Acer Power 4400 insgesamt 45 KBE beträgt. Zu sehen ist, dass die höchste Keimbelastung bei zwei Computern 9 KBE und die niedrigste Keimbelastung bei fünf Computern 0 KBE beträgt. Am stärksten belastet ist der Messpunkt „CPU-Lüfter“ mit insgesamt 24 KBE und am wenigsten belastet der Messpunkt „Lüfter-außen“ mit insgesamt 0 KBE.

Tabelle 28: Vergleich der Messpunkte. PC = Personal Computer; MW = arithmetischer Mittelwert; Max = Maximalwert.

PC	Entnahmestellen				Summe	Entnahmestelle
	Lüfter-außen	Lüfter-innen	CPU-Lüfter	Metallgehäuse innen		Abstellfläche unter PC
1	0	0	0	0	0	0
2	0	6	0	0	6	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	3	3	3	9	0
7	0	3	3	0	6	0
8	0	0	3	0	3	0
9	0	0	3	0	3	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	3	0	3	0
12	0	0	6	0	6	0
13	0	6	3	0	9	0
<b>Summe</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>3</b>	<b>45</b>	<b>0</b>
<b>Max</b>	0	6	6	3	9	0
<b>MW</b>	0,0	1,4	1,8	0,2	3,5	0,0

Tabelle 29 zeigt den absoluten und relativen Anteil der einzelnen Keimarten.

Tabelle 29: Aufgliederung in die Einzelsummen der verschiedenen Keimarten und ihr Anteil in Prozent an der Gesamtsumme der gefundenen KBE, ohne „Abstellfläche-unter-PC“.

Keimarten	KBE	Prozentteil
Mucor sp.	45	100,0%

Abbildung 38 zeigt die Summe KBE der nachgewiesenen Keimarten für die fünf Entnahmestellen der 13 Acer Power 4400 Computer. Um die Gesamt-Kontamination der Referenzfläche von 8cm<sup>2</sup> zu zeigen und die Ergebnisse besser vergleichbar zu machen, wird in der ersten Säule (schwarz) im Diagramm die Summe aller KBE (Gesamtkeimzahl) pro Entnahmestelle gezeigt. Die weiteren Säulen zeigen von links nach rechts jeweils die Summe der KBE der jeweiligen Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind. Nicht dargestellt in dem Diagramm sind

die Negativkontrollen, da bei keiner der mitgeführten Negativkontrollen Pilze nachgewiesen wurden.

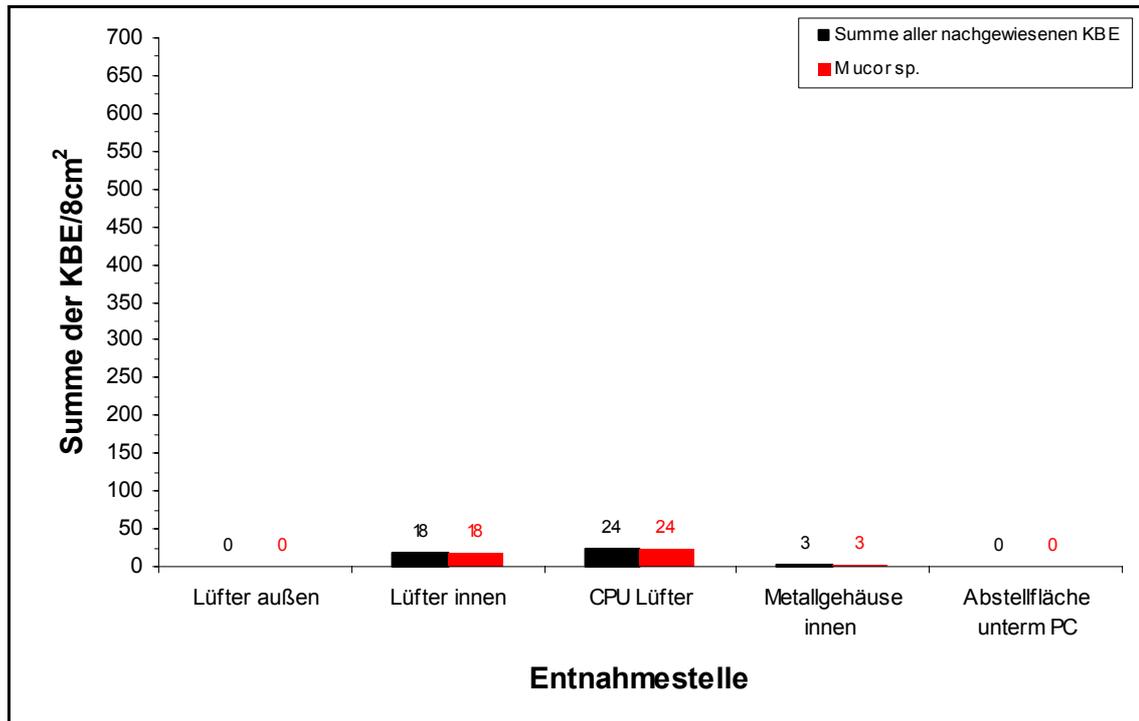


Abbildung 38: Quantitative und qualitative Ergebnisse der mykologischen Abstrichuntersuchungen an  $n=13$  Computern im Bereich operative Intensivstation bezogen auf die einzelnen Entnahmestellen.

In Abbildung 39 werden die Ergebnisse der einzelnen Abstriche an den verschiedenen Messpunkten durch ein Boxplotdiagramm zusammenfassend gezeigt. Im Boxplotdiagramm werden das 25-Perzentil, 50-Perzentil, 75-Perzentil und die Extremwerte dargestellt. Die einzelnen Säulen repräsentieren von links nach rechts die jeweiligen Boxplots für jede Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind.

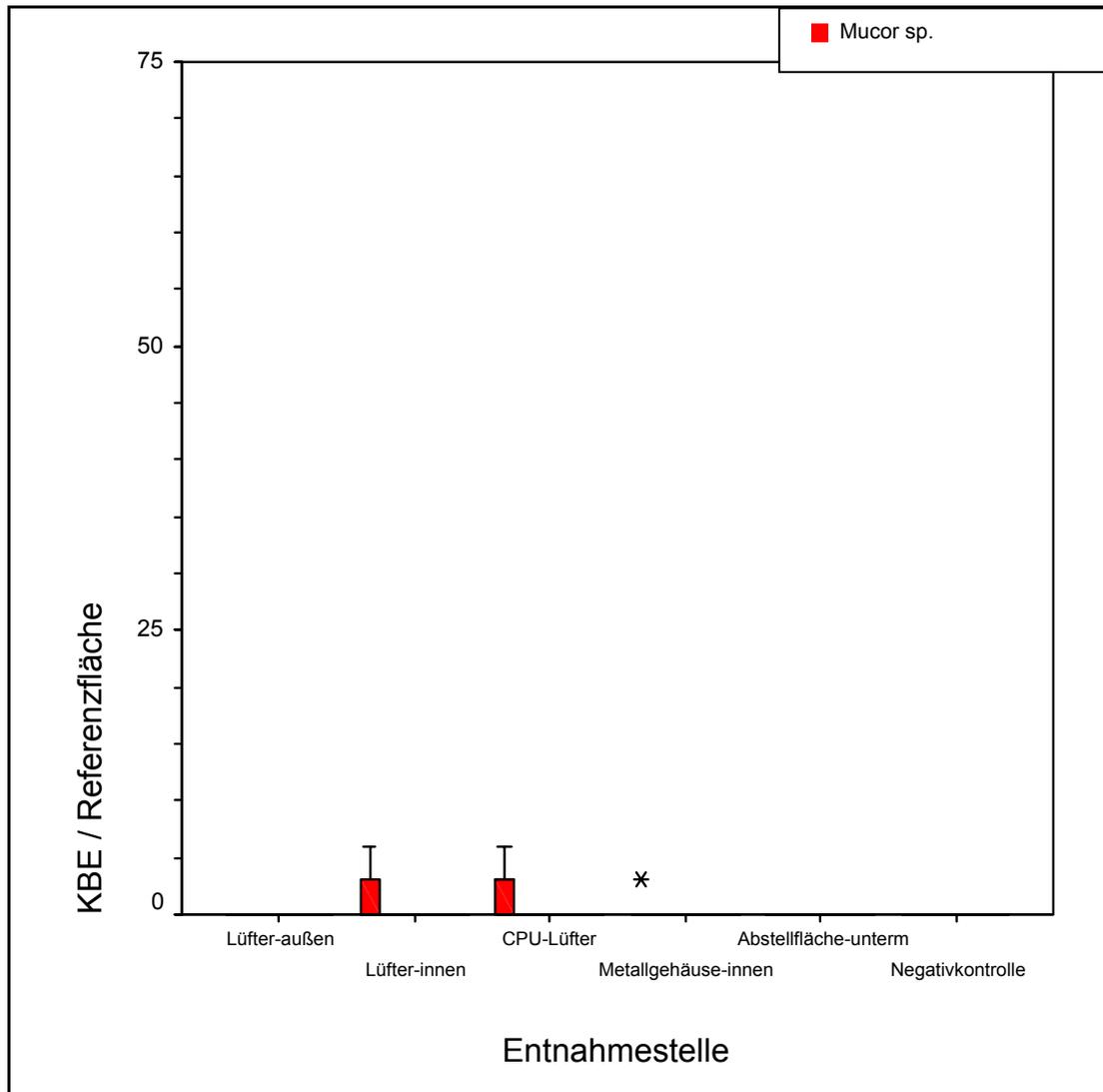


Abbildung 39: KBE / Referenzfläche an den 6 Entnahmestellen bei n=13 Rechnern im Bereich operative Intensivstation. \*= abweichende Werte (Extremwerte), die nicht im 95% Quantil liegen. Abstellfläche-unterm = Abstellfläche-unter-PC.

#### IV.4.3 Im operativen Bereich

Die mikrobiologischen Untersuchungen erfolgten beim Acer Veriton 5100 (operative Bereich) an n = 12 Computermodellen.

Tabelle 30 zeigt:

- die Einzelzahlen der KBE
  - am Messpunkt „Lüfter-außen“
  - an den 3 Messpunkten innerhalb der Computer
  - am Messpunkt „Abstellfläche-unter-PC“
- die Summen der KBE je Computer von allen Messpunkten (außer „Abstellfläche-unter-PC“)
- die Summen der KBE von allen Computern bezogen auf je einen Messpunkt

- die Maximalwerte von jedem Messpunkt
- den arithmetischen Mittelwert von jedem Messpunkt

Die Ergebnisse der Negativkontrollen wurden nicht aufgelistet, da alle Negativkontrollen unterhalb der Nachweisgrenze lagen. Es geht daraus hervor, dass die Summe der KBE von allen Abstrichen ohne „Abstellfläche-unter-PC“ beim Acer Veriton 5100 insgesamt 6 KBE beträgt. Zu sehen ist, dass die höchste Keimbelastung bei zwei Computern 3 KBE und die niedrigste Keimbelastung bei zehn Computern 0 KBE beträgt. Am stärksten belastet ist der Messpunkt „CPU-Lüfter“ mit insgesamt 6 KBE und am wenigsten belastet die Messpunkte „Lüfter-außen“, „Lüfter-innen“ und „Metallgehäuse-innen“ mit insgesamt 0 KBE.

Tabelle 30: Vergleich der Messpunkte. PC = Personal Computer; MW = arithmetischer Mittelwert; Max = Maximalwert.

PC	Entnahmestellen				Summe	Entnahmestelle
	Lüfter-außen	Lüfter-innen	CPU-Lüfter	Metallgehäuse innen		Abstellfläche unter PC
1	0	0	3	0	3	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	3	0	3	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
<b>Max</b>	0	0	3	0	3	0
<b>MW</b>	0,0	0,0	0,5	0,0	<b>0,5</b>	0,0

Tabelle 31 zeigt den absoluten und relativen Anteil der einzelnen Keimarten.

Tabelle 31: Aufgliederung in die Einzelsummen der verschiedenen Keimarten und ihr Anteil in Prozent an der Gesamtsumme der gefundenen KBE, ohne „Abstellfläche-unter-PC“.

Keimarten	KBE	Prozentteil
Mucor sp.	6	100,0%

Abbildung 40 zeigt die Summe KBE der nachgewiesenen Keimarten für die fünf Entnahmestellen der 12 Acer Veriton 5100 Computer. Um die Gesamt-Kontamination der Referenzfläche von 8cm<sup>2</sup> zu zeigen und die Ergebnisse besser vergleichbar zu machen, wird in der ersten Säule (schwarz) im Diagramm die Summe aller KBE (Gesamtkeimzahl) pro Entnahmestelle gezeigt. Die weiteren Säulen zeigen von links nach rechts jeweils die Summe der KBE der jeweiligen Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind. Nicht dargestellt in dem Diagramm sind

die Negativkontrollen, da bei keiner der mitgeführten Negativkontrollen Pilze nachgewiesen wurden.

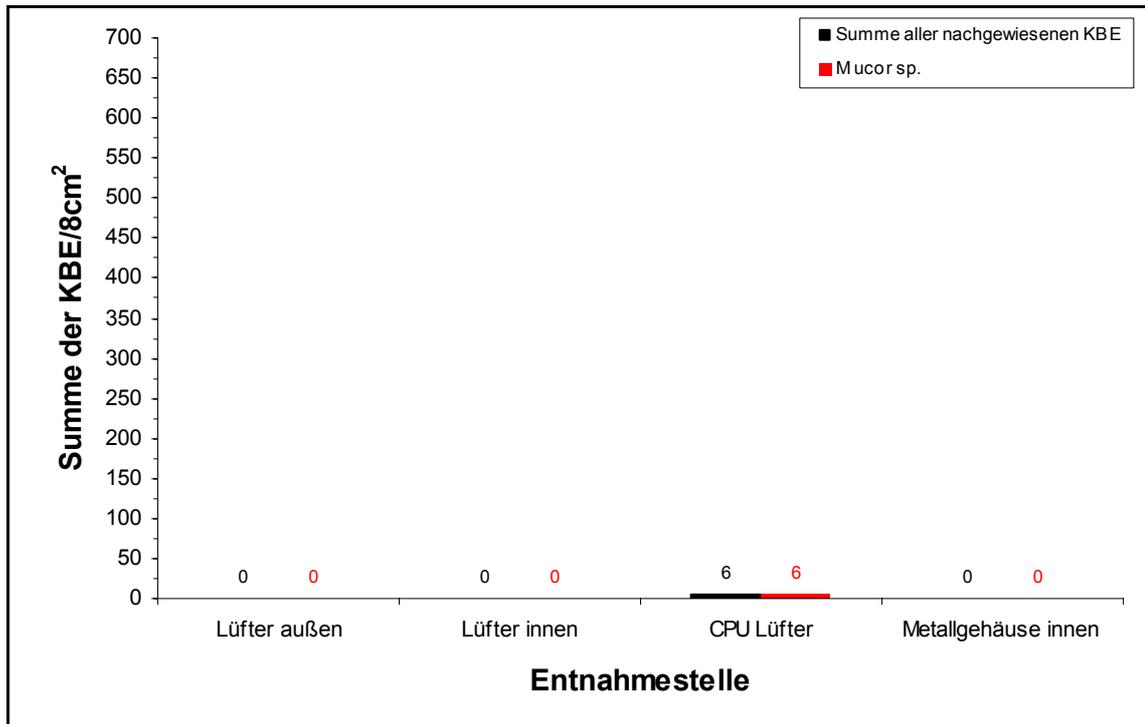


Abbildung 40: Quantitative und qualitative Ergebnisse der mykologischen Abstrichuntersuchungen an  $n=12$  Computern im operativen Bereich bezogen auf die einzelnen Entnahmestellen.

In Abbildung 41 werden die Ergebnisse der einzelnen Abstriche an den verschiedenen Messpunkten durch ein Boxplotdiagramm zusammenfassend gezeigt. Im Boxplotdiagramm werden das 25-Perzentil, 50-Perzentil, 75-Perzentil und die Extremwerte dargestellt. Die einzelnen Säulen repräsentieren von links nach rechts die jeweiligen Boxplots für jede Keimspezies pro Entnahmestelle, so wie sie in der Legende der Abbildung von oben nach unten aufgeführt sind.

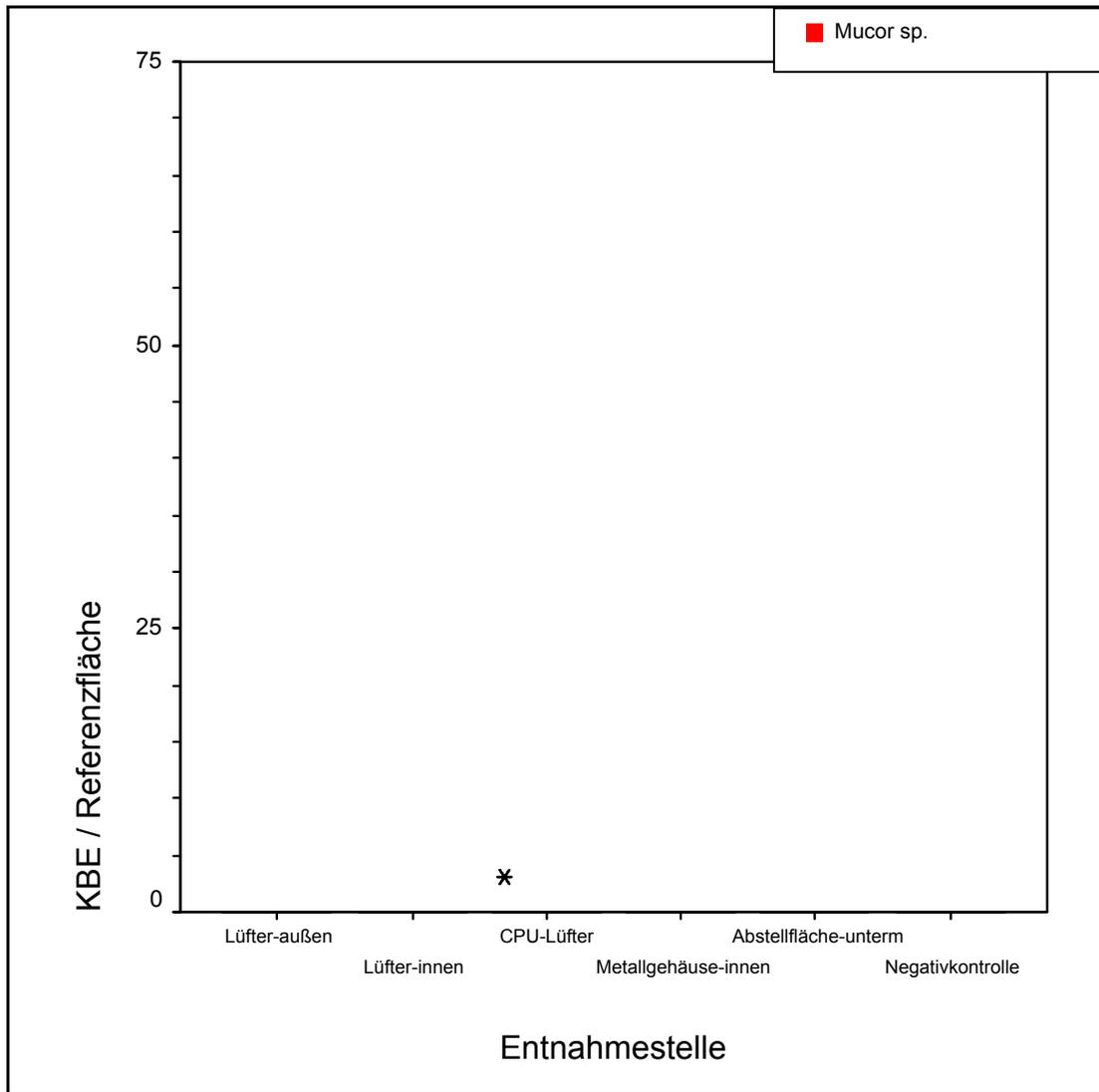


Abbildung 41: KBE / Referenzfläche an den 6 Entnahmestellen bei  $n=12$  Rechnern im operativen Bereich.  
\*= abweichende Werte (Extremwerte), die nicht im 95% Quantil liegen. Abstellfläche-unterm = Abstellfläche-unter-PC.

## V DISKUSSION

### V.1 Ziel der Arbeit und Fragestellung

Seit ca. 50 Jahren – beginnend in den USA – werden EDV-Systeme zur Dokumentation und Verwaltung von Patientendaten eingesetzt. Hierfür werden zunehmend mehr dezentrale Computerarbeitsplätze patientennah (OP Räume, Patientenzimmer) verwendet [45].

Verschiedene Untersuchungen befassten sich mit der Rolle von Tastaturen, Mäusen und anderen Computerteilen mit Handkontakt als Übertragungsmedium für nosokomiale Infektionserreger [27]. Im Jahr 2001 wurde im Internet über eine Untersuchung berichtet, aus der hervorgeht, dass im Inneren von Rechnern insbesondere massenhaft Schimmelpilze nachweisbar waren [11]. Diese Mitteilung war Anlass, eine Literaturrecherche zur Frage von Computern als mögliche Keimquelle für Erreger nosokomialer Infektionen anzustellen. Sie erbrachte außer für die o. g. Untersuchungen von Computertastaturen, Mäusen und Mousepads keine befriedigenden Ergebnisse, d. h. es wurde keine Arbeit gefunden, die sich mit der Frage von Rechnern als Keimquelle für nosokomiale Infektionserreger befasste.

Die Tenazität von Mikroorganismen hängt unter anderem in erheblichem Maß von der Umgebungstemperatur, der Luftfeuchte und einer Belastung mit organischen Materialien ab [8,18,20,29,37,40,44,46,53,56,57,60,63,67,68].

Auf Grund dieser theoretischen Überlegungen war zu vermuten, dass die physikalischen Umgebungsbedingungen in Innenteilen von Rechnern nicht geeignet sind, nosokomiale Infektionserreger anzureichern. Diese Diskrepanz zwischen fehlenden Ergebnissen einer systematischen Untersuchung und den theoretischen Überlegungen waren Anlass, sich mit diesem Thema intensiver auseinander zu setzen und die vorliegende Arbeit „Untersuchungen zur Bedeutung von Arbeitsplatz-Computern im Krankenhaus als mögliche Keimquelle für nosokomiale Infektionen“ zu erstellen.

Im Rahmen der Untersuchungen sollten einerseits physikalische Daten zum „Mikroklima“ innerhalb von Arbeitsplatz-Computern und weitere physikalische Messungen von deren Belüftungssystemen angestellt werden, andererseits sollte durch mikrobiologische Untersuchungen an einer ausreichend großen Zahl von Geräten in drei verschiedenen Krankenhausbereichen eine mögliche mikrobielle Belastung untersucht werden. Zu den untersuchten Krankenhausbereichen gehörten die Intensivstation der Kinderklinik mit insgesamt 14 Computermodellen vom Typ Peacock Procida, die operative Intensivstation mit insgesamt 14 Computermodellen vom Typ Acer Power 4400 und der operative Bereich mit insgesamt 13 Computermodellen vom Typ Acer Veriton 5100.

## V.2 Methoden

Unter der Annahme, dass die physikalischen Bedingungen innerhalb der in die Untersuchung einbezogenen drei Computermodelle weitgehend identisch sind, wurden die physikalischen Messungen nur an je einem Gerät eines Computermodells durchgeführt. Dagegen erfolgten die Untersuchungen zur mikrobiellen Belastung an je 13 bzw. 12 Geräten von jedem Computermodell.

Für die Beurteilung des „Mikroklimas“ innerhalb der Arbeitsplatzcomputer wurden die Temperatur-, Luftfeuchtemessungen und Luftgeschwindigkeitsmessungen nach gängigen Methoden durchgeführt, für die makroskopische Belastung des Computerinneren erfolgt eine semiquantitative Staubbelastungsmessungen.

Quantitative und qualitative mikrobiologische Untersuchungen der Ausblasluft waren nicht Gegenstand dieser Arbeit. Derartige Untersuchungen hätten in einem sterilen Umfeld stattfinden müssen, um Einflussfaktoren aus der umgebenden Luft auszuschließen. Um den Einfluss der Ausblasluft von Computern in Hinsicht auf eine Keimverbreitung feststellen zu können, könnte sich eine nachfolgende Untersuchung mit einer künstlichen Kontamination durch spezielle Indikatorkeime (z.B. koagulase-negative Staphylokokken) in hoher Konzentration und deren Verbreitung durch die vom Netzteillüfter erzeugten Luftströme beschäftigen.

Bewusst wurden unterschiedliche Arbeitsbereiche (pädiatrische Intensivstation, operative Intensivstation, operativer Bereich = OP-Bereich) ausgewählt, um mögliche Unterschiede zwischen den Standorten mit unterschiedlicher Umgebungsbelastung erkennen zu können. Die in den jeweiligen Bereichen identischen Computer befanden sich je Bereich unterschiedlich lange in Gebrauch, so dass im Weiteren unterschiedliche mikrobielle- und Staubbelastungen in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer auftreten könnten.

Die Methode der Keimgewinnung von den inneren Oberflächen der Computer war dadurch vorgegeben, dass die ansonsten bei krankenhaushygienischen Untersuchungen allgemein üblich angewendeten Abklatschuntersuchungen auf Grund der sehr kleinen zusammenhängenden Oberflächen nicht möglich waren. Zwangsläufig musste die Methode von Abstrichuntersuchungen gewählt werden. Die Größe der Abstrichfläche mit 2cm x 4cm ergab sich aus der geringsten Größe einer „CPU-Lüfter“ Oberfläche.

Die Abstrichmethode wurde im Übrigen auch bei Untersuchungen von Keyboards, Mäusen und Mousepads durch andere Autoren angewendet [27]. Bei dieser handelt es sich um ein Verfahren, bei dem eine ausreichend hohe Gewinnung von auf Oberflächen befindlichen Keimen resultiert [27].

In dieser Untersuchung wurden inklusive der Kontrollabstriche unter den Computern („Abstellfläche-unter-PC“) insgesamt 190 Abstriche entnommen, und die daraus gewonnene Ausschüttelflüssigkeit wurde auf je drei Nährböden zur weiteren bakteriologischen und

mykologischen Untersuchung herauspipettiert. Zusätzlich wurde für jeden Untersuchungsgang ein nicht verwendeter Abstrichtupfer als Negativkontrolle mitgeführt und in der gleichen Weise behandelt, wie die tatsächlich angewendeten Abstrichtupfer. Es ergab sich damit eine Zahl von 38 Negativkontrollen.

Alle Plattenkulturen zur bakteriologischen Untersuchung wurden bei  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  für 48h unter aeroben Bedingungen inkubiert. Somit konnten eventuell vorhandene anaerobe Bakterien nicht erfasst werden. Diese sind jedoch selten Erreger exogener nosokomialer Infektionen und waren bis auf grampositive, anaerobe, mesophile Sporenbildner (insbesondere Clostridien) auf Grund der aeroben Bedingungen im Computerrinneren nicht zu erwarten [38,49,58,59,62]. Die Plattenkulturen für die mykologischen Untersuchungen wurden bei  $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  für 2 Tage bei alle zwei Tage stattgehabten visuellen Wachstumskontrolle bebrütet, um ubiquitäre Pilze und Pilzsporen zu erfassen. Im weiteren erfolgte eine Bebrütung der Pilzkulturen bei  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  über 21 Tage, um auch human-pathogene Pilze inklusive *Candida* ssp. zu erfassen [8,20,53,56,57,60,63,67].

Die primäre Aussaat der Ausschüttelflüssigkeiten zu den bakteriologischen Untersuchungen erfolgte auf Blutagarplatten, welche ein Wachstum auch empfindlicher Bakterien außer *Haemophilus* sp. und *Bordetella* ssp. etc. erlauben. Derartige Keimarten waren jedoch bei den Untersuchungen auf Grund von deren Tenazität primär nicht zu erwarten [37,46]. Mit der angewendeten Methode zur bakteriologischen Untersuchung wurden folglich alle für nosokomiale Infektionen relevanten Bakterienarten außer Anaerobiern erfasst [22,49,59,70]. Der für die mykologischen Untersuchungen verwendete Sabouraud-4%-Glukose-Agar ist ein universeller Nährboden, der sich zur Züchtung, Isolierung und Identifizierung von Pilzen optimal eignet. Insbesondere *Candida* ssp. und *Aspergillus* ssp. als mögliche Erreger nosokomialer Infektionen sind auf diesem Agar gut anzüchtbar [8,16,20,29,44,53,56,57,60,63,67,68].

Auf zusätzliche bakteriologische und mykologische Anreicherungskulturen wurde bewusst verzichtet, da ansonsten ein höheres Ausschüttelvolumen hätte gewählt werden müssen, was die Nachweisgrenze verschlechtert hätte.

Die weitere Diagnostik primär angezüchteter Bakterien und Pilze erfolgte nach den etablierten bakteriologischen und mykologischen Verfahren, wobei handelsübliche, in der Routinediagnostik eingesetzte Differenzierungsverfahren angewendet wurden (siehe III Methode).

### **V.3 Ergebnisse**

Die Ergebnisse der physikalischen Messungen (Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) zeigten Temperaturen in den verschiedenen Rechnern zwischen minimal  $23,8^{\circ}\text{C}$  bis maximal  $34,1^{\circ}\text{C}$ . Im Zusammenhang mit den Werten der relativen Luftfeuchtigkeit zwischen minimal

5% r.F. und maximal 30% r.F. ergeben sich Umgebungsbedingungen, bei denen sich zwar viele Erreger nosokomialer Infektionen halten, jedoch nicht oder nur langsam vermehren können [8,18,20,29,37,40,44,46,53,56,57,60,63,67,68]. Typische grampositive nosokomiale Infektionserreger wie koagulase-negative und koagulase-positive Staphylokokken sowie Enterokokken vermögen unter diesen Umgebungsbedingungen zwar bis zu Wochen zu persistieren (siehe Tabelle 2), eine Vermehrung ist jedoch insbesondere bei Fehlen von Nährstoffangebot unter diesen Bedingungen nicht zu erwarten [37]. Gramnegative nosokomiale Infektionserreger bedürfen zum längeren Persistieren und zur Vermehrung ebenfalls höherer Temperaturen sowie eines „feuchten Klimas“ und organischer Nährstoffe (siehe Tabelle 3), so dass sowohl ein Persistieren als auch eine Vermehrung derartiger Mikroorganismen unter den festgestellten Bedingungen nicht erwartet werden kann [37]. Dagegen können Sporen, Pilze und Pilzsporen in diesem Milieu durchaus über längere Zeit persistieren, auf Grund des fehlenden Nährstoffangebotes jedoch eher nicht vermehren [8,18,20,28,29,37,40,43,44,46,53,56,57,60,63,67,68].

Die Messungen der Staubbelastung im Computerinneren erfolgten semiquantitativ durch subjektiv-visuelle Beurteilung der sichtbaren Staubmenge in die beiden Kategorien geringe Staubbelastung und hohe Staubbelastung. Die Ergebnisse der Staubbelastungs-Untersuchungen zeigen in der Summe der jeweils untersuchten Rechner deutliche Unterschiede in Abhängigkeit vom Aufstellungsort und von der Betriebszeit der Computer.

In allen drei untersuchten Bereichen sind Raumluftechnische Anlagen mit drei Filterstufen vorhanden, die gemäß Angaben der technischen Abteilung des Universitätsklinikums Gießen einen 10 fachen Luftwechsel pro Stunde gewährleisten (siehe III.1.2).

Die Rechner auf der Intensivstation der Kinderklinik waren in 4 Fällen gering, in 9 Fällen hoch staubbelastet und befanden sich zwischen 25 – 28 Monate in Betrieb. Die auf der operativen Intensivstation 21 – 22 Monate in Betrieb befindlichen Computer zeigten in einem Fall eine geringe, in 12 Fällen eine hohe Staubbelastung. Die Staubbelastungen der Computer, die 13 Monate im OP-Bereich betrieben wurden, war in allen 12 Fällen gering.

Die Ursache für die höhere Staubbelastung der Computer der Intensivstation gegenüber der insgesamt geringeren Staubbelastung der Computer der Intensivstation der Kinderklinik trotz längerer Betriebsdauer der Letztgenannten, könnte darauf zurückzuführen sein, dass auf der chirurgischen Intensivstation gegenüber der pädiatrischen Intensivstation mehr Aktivitäten (Patientenbetten machen, allgemeine Bewegungsaktivitäten) stattfinden, dieses ist jedoch spekulativ. Spezielle Untersuchungen der Staubbelastung der Raumluf waren nicht Anlass dieser Arbeit und könnten in weiterführenden Studien untersucht werden. Dagegen könnte sich die in allen Geräten geringe Staubbelastung der Computer aus dem operativen Bereich (OP) aus der Tatsache erklären, dass hier überwiegend partikelarme

Patientenabdecksysteme und gleichartige OP-Mäntel benutzt werden und die Personalaktivitäten erfahrungsgemäß deutlich geringer sind als auf Intensivstationen.

Bei allen Messungen der Luftgeschwindigkeit wurden in 20cm Entfernung vom Netzteil Lüfter Werte unter 0,24m/s gemessen, was knapp einer laminaren Strömung ( $\leq 0,2\text{m/s}$ ) entspricht und somit minimal auf eine aktive Luftströmung durch die Netzteil Lüfter zurückzuführen ist [10]. Die Maximalwerte direkt an den Lüftungsgittern betragen für das Computermodell Peacock Procida 0,58m/s, für das Computermodell Acer Power 4400 2,60m/s und für das Computermodell Acer Veriton 5100 1,75m/s. Aus diesen Werten kann vermutet werden, dass offensichtlich in allen drei untersuchten Computermodellen unterschiedlich starke Lüfter montiert sind, Angaben über die Leistungen der verwendeten Lüfter gehen aus den Computerbeschreibungen nicht hervor. Die Ergebnisse der Luftgeschwindigkeitsmessungen belegen insgesamt, dass ein relevanter Einfluss der Luftbewegung in einem Raum durch die Lüfterabluft nicht zu erwarten ist. Dieses belegen auch die optischen Darstellungen der Luftströme, die mit Hilfe von Rauchröhrchen durchgeführt wurden. Die Abbildung 18 bis 20 zeigen die Ausbreitung des in den Lüfterstrom applizierten Rauches, der 30 Sekunden nach Aufgabe eine sichtbare Ausbreitung von maximal 103 cm zeigt. Im Übrigen ist diese Ausbreitung bei den drei Computermodellen proportional zu den an den Lüftungsgittern gemessenen Luftgeschwindigkeiten (siehe Tabelle 12).

Um eine tatsächliche Ausbreitung von durch Lüfter aktiv aus dem Computerinneren heraustransportierten Partikeln messen zu können, wären weitere, sehr aufwendige Untersuchungen notwendig. Dieses war jedoch nicht die Fragestellung dieser Arbeit und könnte in weiteren Studien überprüft werden (s.o.).

Bei der Auswertung der bakteriologischen und mykologischen Untersuchungen wurden die Zahlen der gemessenen KBE für die einzelnen Messpunkte je Computer und für alle Messpunkte aller Computer aufsummiert. Die Rechner von der pädiatrischen Intensivstation Peacock Procida waren an den Messpunkten „CPU-Lüfter“ und „Metallgehäuse-innen“ im Vergleich zu den anderen Rechnern am geringsten mikrobiell kontaminiert, am Messpunkt „Lüfter-innen“ lag die Kontamination zwischen den beiden anderen Rechnern und am Messpunkt „Lüfter-außen“ konnte die höchste Keimzahl ermittelt werden, wobei diese allerdings nur geringfügig oberhalb des Wertes des Acer Power 4400 auf der operativen Intensivstation lag (siehe Tabelle 14, 16 und 18). Am Messpunkt „Abstellfläche-unter-PC“ konnte im Vergleich die höchste mikrobielle Belastung bezogen auf die Stellflächen festgestellt werden, diese war jedoch insgesamt - wie auch bei den anderen beiden Messpunkten „Abstellfläche-unter-PC“ - gering (siehe Tabelle 14, 16 und 18). Für das Modell Acer Power 4400, platziert auf der operativen Intensivstation, ergaben sich an den Messpunkten „Lüfter-innen“, „CPU-Lüfter“ und „Metallgehäuse-innen“ die höchsten Summenwerte, am Messpunkte „Lüfter-außen“ der zweithöchste Wert, jedoch nur

geringfügig unter dem Maximalwert (siehe Tabelle 14, 16 und 18). Am Messpunkt „Abstellfläche-unter-PC“ wurde beim Acer Power 4400 eine sehr geringe Kontamination festgestellt (siehe Tabelle 14, 16 und 18). Beim Computermodell Acer Veriton 5100 aus dem OP-Bereich ergaben sich an zwei Messstellen („Lüfter-außen“ und „Lüfter-innen“) die geringsten Kontaminationen, an den Messstellen „CPU-Lüfter“ und „Metallgehäuse-innen“ im Vergleich zu den beiden anderen Computermodellen bzw. Aufstellort im mittleren Bereich liegende Kontaminationen (siehe Tabelle 14, 16 und 18). Auf den Abstellflächen unter den Computern im OP konnten keine Keime nachgewiesen werden, was auf regelmäßig und effektiv durchgeführte Flächendesinfektionsmaßnahmen schließen lässt. Die beim Acer Veriton 5100 aus dem OP-Bereich deutlichen Unterschiede der mikrobiellen Belastung zwischen den Messpunkten „Lüfter-außen“ / „Lüfter-innen“ und „CPU-Lüfter“ / „Metallgehäuse-innen“ sind nicht erklärbar; in diesen Computern wurde die geringste Staubbelastung im Vergleich zu den Geräten von den beiden anderen Standorten festgestellt. Da die pro Messpunkt aufsummierten KBE-Werte aus den Ergebnissen von 12 bzw. 13 untersuchten Rechnern resultieren, kann festgestellt werden, dass die durchschnittliche Keimbelastung an den einzelnen Messpunkten gering bis mäßig war.

Von besonderem Interesse ist nunmehr die Frage der insgesamt ermittelten Keimzahlen je Computertyp. Summiert man die KBE von allen Messpunkten der einzelnen Computertypen ausgenommen der „Abstellflächen-unter-PC“ auf, so ergibt sich für das Modell Peacock Procida auf der pädiatrischen Intensivstation ein Wert von 2032 KBE, für Acer Power 4400 auf der operativen Intensivstation von 5062 KBE und für Acer Veriton 5100 im OP-Bereich ein Wert von 1206 KBE. Die arithmetischen Mittelwerte für die Gerätetypen lauten 156,2 KBE (Peacock Procida), 389,3 KBE (Acer Power 4400) und 100,5 KBE (Acer Veriton 5100) (siehe Tabelle 14, 16 und 18). Somit kann festgestellt werden, dass die geringste gesamte und durchschnittliche mikrobielle Belastung bei den Computern im OP-Bereich, gefolgt von denen der pädiatrischen Intensivstation und denen der operativen Intensivstation vorlag. Bei den Maximalwerten ergibt sich eine identische Reihenfolge.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit denen der Staubbelastung, so ergibt sich dieselbe Rangfolge, indem bei den Geräten aus dem OP die geringste Staubbelastung feststellbar war, gefolgt von der bei den Geräten auf der pädiatrischen Intensivstation, während bei den Geräten von der operativen Intensivstation die höchste durchschnittliche Staubbelastung festgestellt wurde. An Hand dieser Ergebnisse lässt sich eine Korrelation zwischen der Staubbelastung und der bakteriellen Belastung im Inneren der Computer vermuten. Dagegen korrespondiert die jeweilige Staubbelastung nicht eindeutig mit den Betriebszeiten: zwar sind die Keimbelastung und die Staubbelastung bei den Geräten im OP die geringsten, hier zeigt sich auch die geringste bakterielle Belastung. Jedoch waren die Geräte auf der pädiatrischen Intensivstation im Durchschnitt vier bis sechs Monate länger in Betrieb, als die auf der

operativen Intensivstation, die Staubbelastung und die bakterielle Belastung der Geräte von der operativen Intensivstation war jedoch höher als die der Geräte auf der pädiatrischen Intensivstation. Eine mögliche Erklärung hierfür muss in den höheren Personalaktivitäten auf der operativen Intensivstation gesucht werden (s.o.). Auch ist die Staubbelastung in den Computern der pädiatrischen Intensivstation insgesamt dadurch als geringer zu erwarten, da hier weniger mit Textilien (Bettwäsche, Deckenbezüge, etc.) umgegangen wird (s.o.).

Bei der Analyse der identifizierten Keimarten kann festgestellt werden, dass in allen drei Bereichen aerobe mesophile Sporenbildner dominieren, wobei der Anteil dieser Keimart auf der pädiatrischen Intensivstation mit 75,5% am höchsten lag, gefolgt von 45,8% auf der chirurgischen Intensivstation und von 41,8% im OP-Bereich. Es handelt sich hierbei um apathogene, ubiquitäre Keime. An zweiter Stelle der ermittelten Keimarten standen koagulase-negative Staphylokokken mit 12,2% Anteil in der Pädiatrie, 33,5% Anteil in der Chirurgie und 37,3% im OP-Bereich. KNS sind grundsätzlich anthropogen und werden durch Personalaktivitäten freigesetzt. Der geringe Anteil auf der pädiatrischen Intensivstation erklärt sich möglicherweise durch wiederum geringe Personalaktivitäten, wobei diese allerdings im OP noch geringer sein sollten, was die hier vorliegenden Ergebnisse nicht bestätigen. Der höhere Anteil koagulase-negativer Staphylokokken auf der chirurgischen Intensivstation gegenüber der Pädiatrie ist jedoch durch die stärkeren Personalaktivitäten erklärbar [7,33]. Als dritthäufigste Keimart wurde *Micrococcus luteus* in den Geräten aus allen drei Bereichen gefunden, prozentual am geringsten war der Anteil auf der pädiatrischen Intensivstation, während auf der chirurgischen Intensivstation und im OP in etwa gleiche prozentuale Anteile festgestellt wurden (siehe Tabelle 15, 17 und 19). Es handelt sich hierbei ebenfalls um apathogene, ubiquitäre vorkommende Keime. Die im weiteren nachgewiesenen Streptokokken und Neisserien kamen in einem außerordentlich geringen Anteil vor und müssen eher als Kontamination bei der Probeentnahme oder bei der Bearbeitung der Proben im Labor gedeutet werden (siehe Tabelle 15). Auf der operativen Intensivstation wurde insgesamt dreimal *Enterococcus faecium*, zweimal *Enterococcus faecalis* und einmal *S. aureus* nachgewiesen: aus dieser geringen Anzahl kann keine krankenhaushygienische Relevanz in Hinsicht auf ein Keimreservoir respektive eine Keimübertragung ausgehend von den Computern geschlossen werden (siehe Tabelle 17). Insgesamt ist zu den Keimarten festzustellen, dass weit überwiegend apathogene Umweltkeime und physiologische Hautkeime festgestellt wurden, wobei KNS als Erreger nosokomialer Infektionen insbesondere bei implantierten Fremdmaterialien eine Rolle spielen können. Bei derartigen Infektionen muss jedoch allgemein von einem endogenen Infektionsweg ausgegangen werden [57,43,28].

Zu den Ergebnissen der mykologischen Untersuchungen ist festzustellen, dass sowohl bei  $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  Bebrütung als auch bei  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  Bebrütung gegenüber der bakteriellen

Kontamination deutlich niedrigere Werte resultierten. Lediglich bei den Geräten aus der pädiatrischen Intensivstation war eine relativ hohe Belastung mit Pilzen bei  $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  Bebrütung feststellbar. Dagegen sind die Werte aus dem OP außerordentlich niedrig, was möglicherweise darauf zurückzuführen ist, dass der OP-Bereich besser als die Intensivstationen von anderen Krankenhausbereichen abgeschirmt ist (Personal-, Patienten- und Materialschleusen). Auf der pädiatrischen Intensivstation wurde bei der Durchführung der Untersuchungen vor Ort festgestellt, dass hier im Sommer regelmäßig Fensterlüftungen (trotz vorhandener Klimaanlage) stattfanden. Dieses könnte die im Vergleich hohe Pilzbelastung bei  $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  Bebrütung gegenüber den anderen Bereichen erklären. Vergleicht man die Werte der Pilzbelastungen mit denen der durchschnittlichen Staubbelastung innerhalb der Geräte, so sind zwar im OP-Bereich sowohl die geringste Staubbelastung als auch die geringste Pilzbelastung festzustellen, die Staubbelastung bei den Geräten der operativen Intensivstation war am höchsten, während die Pilzbelastung bei den Geräten der pädiatrischen Intensivstation am höchsten war (siehe oben: Fensterlüftung). Beim Vergleich der Betriebszeiten der einzelnen Computermodelle mit den Pilzbelastungen ergibt sich ein schlüssiges Bild: die Betriebszeiten korrespondieren mit der Höhe der Pilzbelastung innerhalb der Geräte. Bei der Betrachtung der Pilzspezies dominieren in allen drei Bereichen *Mucor* sp., wobei diese Pilzart im OP-Bereich relativ am häufigsten festgestellt wurde. Auf der pädiatrischen Intensivstation und der chirurgischen Intensivstation folgten mit 39,0% Anteil bzw. 17,3% Anteil *Penicillium* sp., welcher im OP nur in 3,3% festgestellt wurde. An dritter Stelle der Häufigkeit der nachgewiesenen Pilzarten waren *Aspergillus* sp. und *Aspergillus niger* nachweisbar, wobei deren Anteil im OP und auf der chirurgischen Intensivstation etwa gleich hoch lag, auf der pädiatrischen Intensivstation sehr gering. Die im weiteren nachgewiesenen Pilzarten lagen bis auf *Cladosporium herbarum* auf der pädiatrischen Intensivstation in sehr niedrigen Konzentrationen vor. Bei *Mucor* sp. und *Penicillium* sp. sowie *Cladosporium herbarum* handelt es sich um ubiquitäre, apathogene Pilzarten, welche keine krankenhaushygienische Relevanz haben. Dagegen könnte *Aspergillus* sp., insbesondere *Aspergillus flavus* und auch *Aspergillus niger* eine krankenhaushygienische Relevanz insbesondere bei stark abwehrgeschwächten und onkologischen Patienten haben [5,20,39,54,55,66]. Diese wurden jedoch an den einzelnen Messstellen in jeweils so geringen Konzentrationen festgestellt, dass hieraus ein Risiko nicht resultieren dürfte. Bei keiner der mykologischen Untersuchungen wurden *Candida*-Sprosspilze an einem Messpunkt nachgewiesen. Dieses wird insoweit verständlich, als *Candida*-Sprosspilze sich außerhalb des menschlichen Körpers nur bedingt halten können [8,20,53,56,57,60,63,67].

## V.4 Schlussfolgerung

Insgesamt kann bezüglich der bakteriellen Belastung und Pilzbelastung der Computer an den einzelnen Messpunkten festgestellt werden, dass ein krankenhaushygienisches Risiko als Keimreservoir im Inneren dieser Geräte nicht anzunehmen ist. Auffällig ist die Keimbelastung in den Geräten bezogen auf die Staubbelastung bzw. bedingt auch die Betriebszeit der einzelnen Computertypen. Die Ergebnisse der physikalischen Untersuchungen zeigen, dass eine Vermehrung der in den Geräten nachgewiesenen Keime dort nicht stattfindet, es sich also um eine passive Belastung durch einströmende Luft, möglicherweise auch elektrostatische Aufladung handelt. Ein aktiver Transport der in den Geräten festgestellten Mikroorganismen findet eher nicht statt, wenn überhaupt, dann lediglich in außerordentlich geringen Konzentrationen.

Es kann somit festgestellt werden, dass auf Grund der Untersuchungsergebnisse:

- die gesamte Keimbelastung im Inneren der Computer insgesamt gering war
- überwiegend ubiquitär vorkommende, apathogene Sporenbildner und koagulase-negative Staphylokokken nachweisbar waren
- eine Besiedlung von Computerinnenteilen mit Erregern nosokomialer Infektionen nur in wenigen Ausnahmefällen vorlag und dann nur von Erregern endogen erworbener nosokomialer Infektionen.
- eine geringe Belastung mit meist apathogenen, in wenigen Fällen mit fakultativ pathogenen Pilzen nachgewiesen wurde
- die physikalischen Bedingungen zwar für ein Überleben von Bakterien und Pilzen geeignet sind, nicht jedoch für deren Vermehrung

Des Weiteren kann anhand der Untersuchungsergebnisse vermutet werden, dass zwischen der Staubbelastung im Computerinneren und der bakteriellen Kontamination eine Korrelation bestehen könnte.

Vor dem Hintergrund dieser Arbeit ist es fraglich, ob Patientenarbeitsplatzcomputer mit speziellen Lüftern, anderen Lüftersystemen oder speziellen Innenbauteilen ausgestattet sein müssen, um als hygienisch unbedenklich in Bezug auf nosokomiale Infektionen eingestuft zu werden. Da die Staubbelastung im Inneren des Computers mit der bakteriellen Kontamination zu korrelieren scheint, kann eine z.B. jährliche Reinigung in Form von Staubentfernung von Nutzen sein.

Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen den Schluss zu, dass die untersuchten Patientenarbeitsplatzcomputer keine Quelle bzw. keinen Übertragungsvektor für exogene, nosokomiale Infektionserreger darstellen.

## VI ZUSAMMENFASSUNG UND ABSTRACT

### **Zusammenfassung**

**Fragestellung:** Für die Dokumentation am Patientenbett werden zunehmend Computer im Operationssaal und auf Intensivstationen eingesetzt. 2001 wurden Computer verdächtigt, als Keimreservoir zu fungieren und mitverantwortlich für das Entstehen von nosokomialen Infektionen (NI) zu sein. Ziel dieser Arbeit war es, Computer im Operationssaal und auf zwei Intensivstationen (operativ und pädiatrisch) hinsichtlich ihrer bakteriologischen und mykologischen Verunreinigung zu untersuchen. Des Weiteren wurde das Computerrinnere sowohl auf seine physikalischen Eigenschaften wie relative Luftfeuchtigkeit (r.F.) und Temperatur (T), als auch auf die durch die Lüfter des Computers erzeugte Luftgeschwindigkeiten (LG) hin untersucht.

**Methoden:** Sterile Abstriche wurden an fünf verschiedenen Stellen, davon drei innerhalb und zwei außerhalb des Computergehäuses an insgesamt n=38 Computern genommen. Quantitative und qualitative mikrobiologische Untersuchungen sowie die Messung der r.F., der T und der LG wurden entsprechend herkömmlicher Methoden durchgeführt.

**Ergebnisse:** Insgesamt wurden 190 Abstriche unter drei verschiedenen Wachstumsbedingungen für bakteriologische und mykologische Wachstum kultiviert, so dass 570 Analysen mikrobiologisch analysiert wurden. Bei sämtlichen Untersuchungen konnten keine oder keine ausreichend hohe Belastungen mit potentiell pathogenen Bakterien oder Pilzen nachgewiesen werden (Keimbelastung unterhalb der Nachweisgrenze oder zu geringe Keimbelastung, um potentiell pathogen zu wirken). Bei Messungen der T wurden min. 23,8°C und max. 34,1°C gemessen, die r.F. betrug min. 5% und max. 30%, die LG lag zwischen 0,56 und 2,48m/s.

**Schlussfolgerungen:** Die Besiedelung von Computern mit potentiell pathogenen Mikroorganismen scheint nicht relevant zu sein, um als Reservoir für pathogene Mikroorganismen zu fungieren. Darüber hinaus lassen die gemessenen physikalischen Eigenschaften kein oder nur geringes Wachstum von potentiell pathogenen Mikroorganismen erwarten. Somit gibt es keinen Anhalt dafür, dass die Keimbelastung von Computern bei der Übertragung von potentiell pathogenen Keimen und der Auslösung von NI eine Rolle spielen.

**Schlüsselwörter:** Anaesthesiologie – Computer – Hygiene – Intensivstation – nosokomiale Infektionen

**Abstract**

**Objective:** Computers are becoming increasingly present in operating rooms (OR) and intensive care units (ICU) for use in bedside documentation. 2001, computers have been suspected as possibly acting as reservoirs for microorganisms and vehicles for the transfer of pathogens to patients, causing nosocomial infections. The purpose of this study was to examine the microbiological (bacteriological and mycological) contamination of the central unit of computers (CUC) used in an OR, and two ICUs (a surgical and a pediatric ICU). Further the physical properties inside a central unit of computers like relative humidity (r.h.) and temperature (T) as well as the airspeed (AS) produced by the used coolerventilator inside the central unit were examined.

**Methods:** Sterile swab samples were taken from five different sites, three inside and two on the outside of the CUC from a total of n=38 CUC. Quantitative and qualitative microbiological analyses as well as measuring the r.h., the T and the As were performed according to commonly used methods.

**Results:** A total of 190 sites were cultured under three different cultureconditions for bacterial and fungal growth, so that you had a total of 570 culture vessels. In all analyses we did not find any or any significant number of potentially pathogenic bacteria or fungi. The examination of the T showed a min. of 23.8°C and a max. of 34.1°C, for the r.h. ranged from 5% to a max of 30% and the AS was between 0.56 and 2.48m/s.

**Conclusion:** The amount of pathogenic microorganism contamination present in the central units of OR and ICU computers is insufficient for designating them as a reservoir for pathogenic microorganisms. The physical environment inside the CUC show an environment in which one wouldn't expect a growth of potential pathogenic microorganism. Concluding that there is no evidence that a contamination with pathogenic microorganism of CUC is given or plays a role as a conductor for pathogenic microorganism and there for to cause exogenic nosocomial Infections

**Keywords:** anesthesia – computers – hygiene – intensive care unit – nosocomial infection

## VII LITERATURVERZEICHNIS

- 1) Abi-Said D, Anaissie E, Uzun O, Raad I, Pinzcowski H, Vartivarian S. The epidemiology of hematogenous candidiasis caused by different *Candida* species. *Clin Infect Dis* 24(1997):1122-1128.
- 2) Anaissie EJ, Stratton SL, Dignani MC, Summerbell RC, Rex JH, Monson TP, Spencer T, Kasai M, Francesconi A, Walsh TJ. Pathogenic *Aspergillus* species recovered from Hospital water system: a 3 year prospective study. *Clin Infect Dis* 34 (2002): 780-789.
- 3) Balows A, Hausler WJ, Herrmann KL, Isenberg HD, Shadomy HJ. Manual of clinical microbiology. 5 Auflage. American Society for Microbiology (1991). Washington D.C.
- 4) Baron EJ, Peterson LR, Finegold SM. Bailey and Scott's diagnostic microbiology. 9 Auflage. Mosby-Year Book, Inc. (1994). St. Louis.
- 5) Beck-Sagué CM, Jarvis WR. Secular trends in the epidemiology of nosokomial fungal infections in the United States, 1980-1990. *J Infect Dis* 167: 1247-1251.
- 6) Benson M, Fuchs C, Junger A, Quinzio L., Sciuk G, Hempelmann G. Dokumentation und Qualitätssicherung in der Anästhesie. *Anästhesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther.* 34 (1999): 415 – 437.
- 7) Bures S, Fishbain J, Uyehara C et al. Computer keyboards and faucet handles as reservoirs of nosocomial pathogens in the intensiv care unit. *Am J Infect Control* (2000) 28: 465-471
- 8) Burnie JP, Odds FC, Lee W, Webster C, Williams JD. Outbreak of systemic *Candida albicans* in intensive care unit caused by cross infection. *BMJ* 290(1985): 746-748.
- 9) Centers for Disease Control and Prevention. Notice to readers update: Management of patients with suspected viral hemorrhagic fever – United States. *MMWR* 1995, 44:475-479
- 10) Chow T, Yang X. Ventilation performance in the operating theatre against airborne infection: numerical study on an ultra-clean system. *J Hosp Infect* (2005) 2: 138-147
- 11) Computer fungus risk to patients. *BBC-News*. 25 Mai 2001.
- 12) Constantini M, Donisi PM, Turrin MG, Diana L. Hospital-acquired infections surveillance and control in intensive care services. Results of an incidence study. *Eur J Epidemiol* 3 (1987): 347-355
- 13) Cooper EE, O'Reilly MA, Guest DI, Dharmage SC. Influence of building construction work on *Aspergillus* infection in a hospital setting. *Infect Control Hosp Epidemiol* 24(7) (2003): 472-476.
- 14) Craven DE, Kunches LM, Lichtenberg DA, Kollisch NR, Barry MA, Heeren TC, McCabe WR. Nosocomial infection and fatality in medical and surgical intensive care unit patients. *Arch Intern Med* 148 (1988): 1161-1168

- 15) Daschner FD, Frey P, Wolff G, Baumann PC, Suter P. Nosocomial infections in intensive care wards: a multicenter prospective study. *Intensive Care Med* 8 (1992): 5-9
- 16) Denning DW. Invasive aspergillosis. *Clin Infect Dis* 26 (1998): 781-803.
- 17) Denning DW, Stevens DA. Antifungal and surgical treatment of invasive aspergillosis: review of 2121 published cases. *Rev Infect Dis* 12 (1990): 1147-1201.
- 18) Denning DW. Therapeutic outcome in invasive aspergillosis. *Clin Infect Dis* 23 (1996): 608-6015
- 19) Devine J, Cooke R, Wright E. Is methicillinresistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) contamination of ward-based computer terminals a surrogate marker for Nosocomial MRSA transmission and handwashing compliance? *J Hosp Infect* (2002) 52: 314-315
- 20) Edmond MB, Wallace SE, McClish DK, Pfaller MA, Jones RN, Wenzel RP. Nosocomial bloodstream infections in United States hospitals: a three- year analysis. *Clin InfectDis* 29(1999): 239-244.
- 21) EPINE Working group. Prevalence of hospital-acquired infections in Spain. *J Hosp Infect* 20 (1992): 1-3
- 22) Füssle R, Sziegoleit A. *Praxis der Infektiologie; Organbezogene Diagnostik und Therapie*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2001.
- 23) Garner J, Jarvis W, Emori T, Horan T, Hughes J. CDC-Definitionen für nosokomialae Infektionen 1988. *Hygiene + Medizin* 1989, 14:259-270.
- 24) Geldner G, Ruhnke M, Lepper P, Penk A, Wiedeck H, Essig A, Trautmann M. Invasive *Candida* infektion in surgical patients: a valid clinical entity. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 35 (2000): 744-749
- 25) Girou E, Brun-Buisson C. Morbidity, mortality and the cost of nosocomial infections in critical care. *Curr Opin Crit Care* 1996; 2:347-351.
- 26) Haley RW, Hooton TM, Culver DH, Stanley RC, Emorie TG, Hardison CD, Quade D, Shachtman RH, Schaberg DR, Shah RV, Schatz GD. Nosocomial infections in U.S. hospitals (1975-1976). *Am. J. Med.* 70 (1981): 947-959
- 27) Hartmann B et al. Computer keyboard and mouse as a reservoir of pathogens in an intensive care unit. *J Clin Monit* (2004) 18: 7-12
- 28) Hof H et al. *Mikrobiologie Duale Reihe* (2000). Georg Thieme Verlag. Stuttgart.
- 29) Hospenthal DR, Kwon-Chung KJ, Bennett JE. Concentrations of airborne *Aspergillus* compared to the incidence of invasive aspergillosis: lack of correlation. *Med Mycol* 36 (1998): 165-168.
- 30) Isenberg HD, Tucci V, Cintron F, Singer C, Weinstein GS, Tyras DH. Single source outbreak of *Candida tropicalis* complicating coronary bypass surgery. *J Clin Microbiol* 27 (1989): 2426-2428.

- 31) Jehn U. Klinische Mykologie, Leitfaden für die interdisziplinäre Praxis. Ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co. KG Landsberg 1997.
- 32) Kappstein I. Nosokomiale Infektionen. 2 Auflage. W. Zuckschwerdt Verlag München 2002
- 33) Kerr JR. Bacterial contamination of ward-based computer terminals. J Hosp Infect (2002) 52: 314-318
- 34) Khoo SH, Denning DW. Invasive aspergillosis in patients with AIDS. Clin Infect Dis 19 (Suppl 1;1994): 44-48.
- 35) Kola A, Gastmeier P. Extended spectrum beta-Lactamase (ESBL) vermittelte Antibiotikaresistenz bei gramnegativen Erregern: Was ist in der Intensivmedizin zu beachten. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther (2003) 38: 573-576
- 36) Köhler W, Eggers H, Fleischer B, Marre R. Medizinische Mikrobiologie. 8 Auflage Urban und Fischer Verlag München und Jena 2001
- 37) Köhler W, Mayr A, Truszczyński M. Staphylokokken und Staphylokokken-Erkrankungen. Band 20 VEB Gustav Fischer Verlag Jena 1984.
- 38) Kramer A, Heeg P, Botzenhart K. Krankenhaus- und Praxishygiene. 1 Auflage Urban und Fischer Verlag München und Jena 2001;
- 39) Kullberg B, Oude Lashof A. Epidemiology of Opportunistic Invasive Mycoses. European Journal of Medical Research Volume 7, Number 5 (2002).
- 40) Landesärztekammer Hessen. Berufsordnung für die Ärztinnen und Ärzte in Hessen. Hessisches Ärzteblatt 1994.
- 41) Lemmen S, Dascher F. Veränderungen des Erregerspektrums bei schweren nosokomialen Infektionen. Chemotherapie Journal 9 (1996): 2-5
- 42) Mandell GL, Douglas RG, Bennett JE. Principles and practice of infectious diseases. 3 Auflage. Churchill Livingstone Inc. (1990). New York.
- 43) Marre R et al. Klinische Infektiologie. 1.Auflage (2000). Urban und Vischer.München und Jena
- 44) Mathieu LM, De Dooy JJ, VanLaer FA, Jansens H, Ieven MM. A prospective study on factors influencing aspergillus spore load in the air during renovation works in a neonatal intensive care unit. J Hosp Infect 45 (2000): 191-197.
- 45) Michel A, Benson M, Junger A, Sciuk G, Hempelmann G, Dudeck J et al. Design principles of a clinical information system for intensive care units (ICUData). Stud Health Technol Inform 2000, 77:921-924
- 46) Mitscherlich E, Marth E. Microbial Survival in the Environment. Springer-Verlag Berlin 1984.
- 47) Murray PR, Baron EJ, Pfaller MA, Tenover FC, Tenover RH. Manual of clinical microbiology. 6 Auflage. American Society for Microbiology (1995). Washington D.C..

- 48) Mücke W, Lemmen Ch. Schimmelpilze – Vorkommen, Gesundheitsgefahren, Schutzmaßnahmen. Ecomed Verlagsgesellschaft AG u. Co. KG, Landsberg 1999.
- 49) National Nosocomial Infections Surveillance, 1986-1997. *Am. J. Infect. Control* 1997, 25:477-487
- 50) Neely AN, Sittig DE. Basic Microbiologic and Infection Control Information to Reduce the Potential Transmission of Pathogens to Patients via Computer Hardware. *J Am Med Inform Assoc* (2002) 9: 500-508
- 51) Osswald PM. Grundvorstellungen über die Datendokumentation während der Anästhesie. *Anaesthesist* 36 (1987): 47-54.
- 52) PC ohne "Bakterienschleuder". *Hartmannbund Magazin* 2 (2002)
- 53) Pfaller MA. Nosokomial candidiasis: Emerging species, reservoirs, and mode of transmission. *Clin Infect Dis* 22 (1996): 73-88.
- 54) Pfaller MA et al. International surveillance of blood stream infections due to *Candida* species in the European SENTRY Program. *Diagn Microbiol Infect Dis* 35: 19-25.
- 55) Pfaller MA et al. Trends in species distribution and susceptibility to fluconazole among blood stream isolates of *Candida* species in the United States. *Diagn Microbiol Infect Dis* 33(1999): 217-222.
- 56) Pfaller MA, Messer SA, Hollis RJ, Jones RN, Doern GV, Brandt ME, Hajjeh RA. Trends in species distribution and susceptibility to fluconazole among blood stream isolates of *Candida* species in the United States. *Diagn Microbiol Infect Dis* 33 (1999): 217- 222.
- 57) Rolle M, Mayr A. *Medizinische Mikrobiologie, Infektions- und Seuchenlehre*. 7 Auflage Enke Verlag Stuttgart 2002.
- 58) Ruckdeschel G, Grabein B, Haas A. Erregerwandel bei nosokomialen Infektionen. *Chemotherapie Journal* 1 (1998): 7-16
- 59) Rüden H, Daschner F, Schumacher M. Nosokomiale Infektionen in Deutschland – Erfassung und Prävention (NIDEP-Studie). Band 56 der Schriftenreihe des Bundesministeriums für Gesundheit. Nomos Verlagsgesellschaft Baden-Baden, 1995.
- 60) Scherertz RJ, Gledhill KS, Hampton KD, Pfaller MA, Givner LB, Abramson JS, Dillard RG. Outbreak of *Candida* bloodstream infections associated with retrograde medication administration in a neonatal intensive care unit. *J Pediatr* 120 (1992): 455-461.
- 61) Schulze MC, Gastmeier P, Geffers C, Rüden H. *Handbuch für die Surveillance von nosokomialen Infektionen, nach den Methoden des KISS*. Band 142 Schriftenreihe des Bundesministerium für Gesundheit, Nomos Verlagsgesellschaft Baden-Baden 2002; 5-6.
- 62) Spencer RC. Predominant pathogens found in the European prevalence of infection in intensive care study. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 15 (1995): 281-285.

- 63) Strausbaugh LJ, Sewell DL, Ward TT, Pfaller MA, Heitzman T, Tjoelker R. High frequency of yeast carriage on hands of hospital personnel. *J Clin Microbiol* 32 (1994): 2299-2300
- 64) Trautmann M, Ruhnke M, Marre R. Manifestationsformen und Erregerspektrum nosokomialer Infektionen: neuere Entwicklungen unter dem Blickwinkel eines veränderten Patientengutes. *Chemotherapie Journal* 1 (1998): 3-7
- 65) Vindent JL, Bihari DJ, Suter PM, Bruining HA, White J, Nicolas-Chanoin MH, Wolff M, Spencer RC, Hemmer M. The prevalence of nosocomial infection in intensive care units in Europe. Results of the EPIC-Study. *J Am Med Assoc* 274(8) (1995): 639-644
- 66) Viscoli C, Girmenia C, et al. The Invasive Fungal Infection Group of the EORTC(1999) Candidemia in cancer patients. A prospective, multicenter surveillance study in Europe by the Invasive Fungal Infection Group (IFIG) of the European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC). *Clin Infect Dis* 28: 1071-1079
- 67) Voss A, Pfaller MA, Hollis RJ, Rhine-Chalberg J, Doebbeling BN. Investigation of *Candida albicans* transmission in a surgical intensive care unit cluster by using genomic DAN typing methods. *J Clin Microbiol* 33 (1995): 576-580.
- 68) Wald A, Leisenring W, van Burik JA, Bowden RA. Epidemiology of *Aspergillus* infections in a large cohort of patients undergoing bone marrow transplantation. *J Infect Dis* 175 ( 1997): 1459-1466.
- 69) Weems JJ, Jr., Chamberland ME, Ward J, Willy M, Padhye AA, Solomon SL. *Candida parapsilosis* fungemia associated with parenteral nutrition and contaminated blood pressure transducers. *J Clin Microbiol* 25 (1987): 1029-1032.
- 70) Wille B, V-3 Hygiene in der Intensivmedizin; Handbuch der Intensivpflege. Ecomed Verlagsgesellschaft mbh & Co. KG Landsberg 2001.
- 71) Witte W et al. Epidemiologisches Bulletin der Arbeitsgemeinschaft Nosokomiale Infektionen am RKI. Robert Koch Institut (Februar 2005) 5

## **VIII EIGENE PUBLIKATIONEN ZUM DISSERTATIONSTHEMA**

- 1) Hartmann B, Blazek M, Quinzio L, Röhrig R, Wille B, Junger A, Hempelmann G. Computer in der Anästhesie und Intensivmedizin: Rechnergehäuse scheinen kein Reservoir für pathogene Keime zu sein. *Krh.-Hyg. + Inf.verh.* (2005) 27(5): in press
- 2) Quinzio L, Blazek M, Hartmann B, Röhrig R, Wille B, Junger A, Hempelmann G. Computers in anesthesia and intensive care: Lack of evidence that the central unit serves as a reservoir of pathogens. *Int. J. Hyg. Environ.-Health* (2005) 208: 299-304

## IX ANHANG

## IX.1 Abbildungen

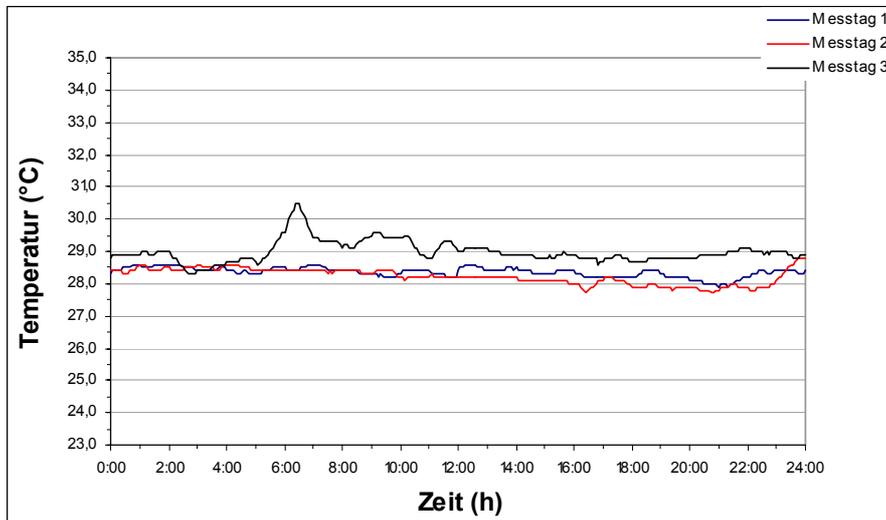


Abbildung 42: Ergebnisse der Temperaturmessungen in Netzteilnähe im Computerinneren Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation), an drei Messungen mit jeweils 290 Messzeitpunkten in 24h.

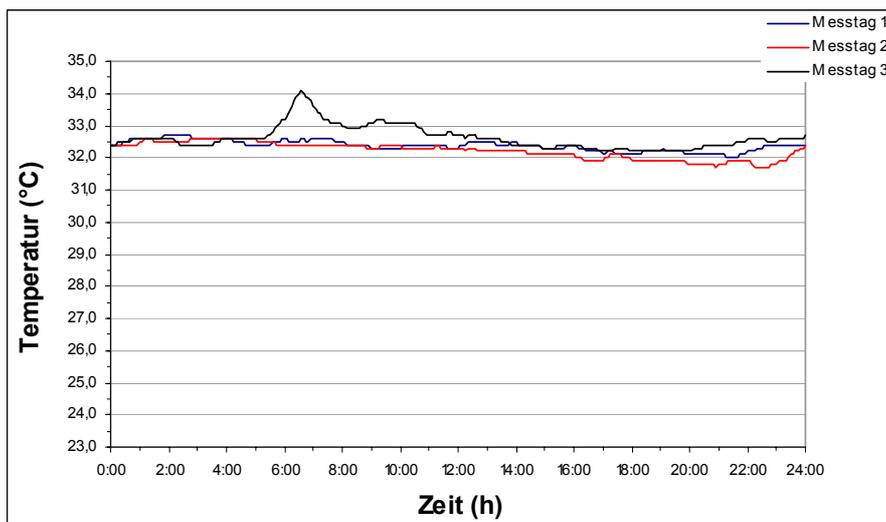


Abbildung 43: Ergebnisse der Temperaturmessungen am Metallgehäuse im Computerinneren Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation), an drei Messungen mit jeweils 290 Messzeitpunkten in 24h.

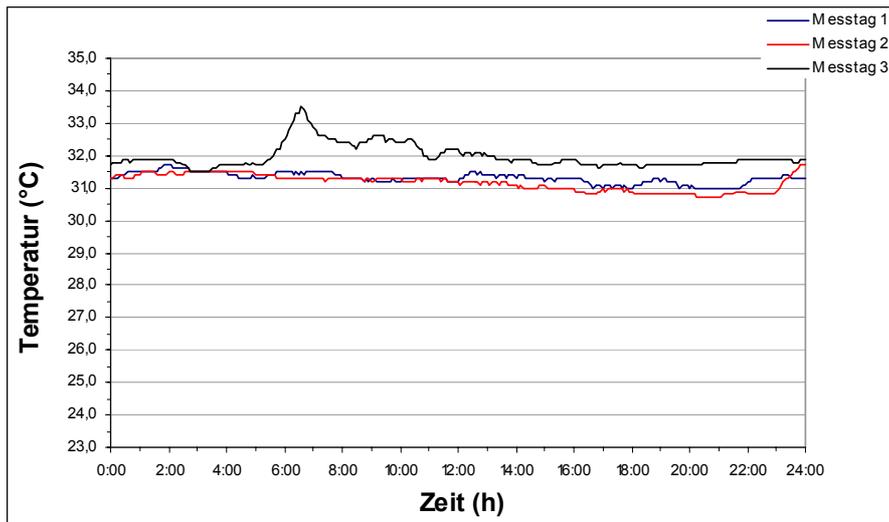


Abbildung 44: Ergebnisse der Temperaturmessungen im Computerinnenraum Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation), an drei Messungen mit jeweils 290 Messzeitpunkten in 24h.

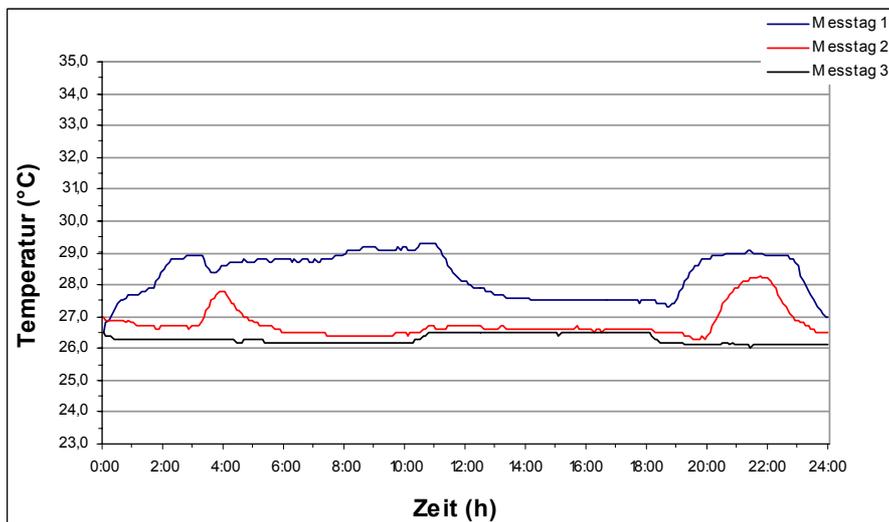


Abbildung 45: Ergebnisse der Temperaturmessungen in Netzteilnähe im Computerinneren Acer Power 4400 (operative Intensivstation), an drei Messungen mit jeweils 290 Messzeitpunkten in 24h.

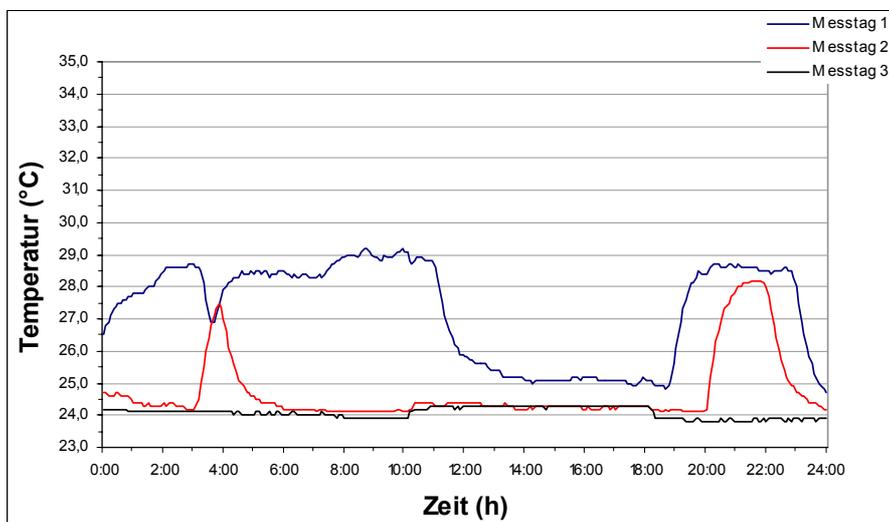


Abbildung 46: Ergebnisse der Temperaturmessungen am Metallgehäuse im Computerinneren Acer Power 4400 (operative Intensivstation), an drei Messungen mit jeweils 290 Messzeitpunkten in 24h.

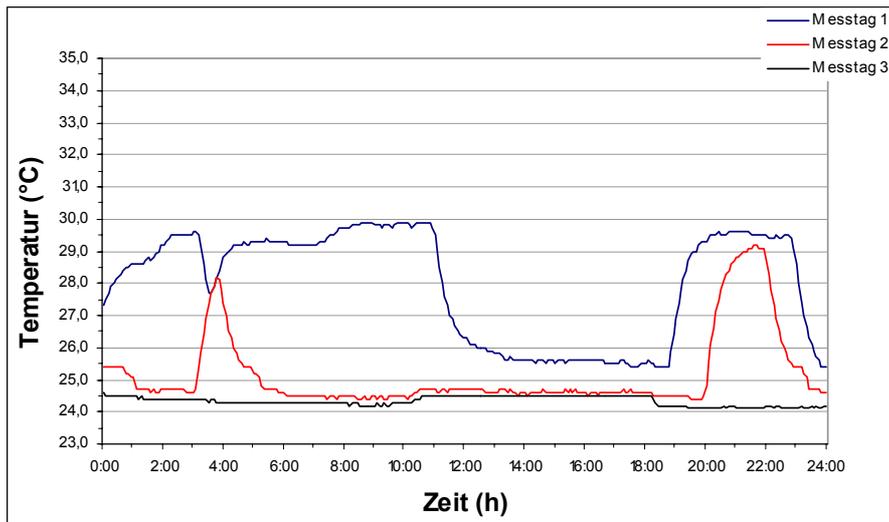


Abbildung 47: Ergebnisse der Temperaturmessungen im Computerinnenraum Acer Power 4400 (operative Intensivstation), an drei Messungen mit jeweils 290 Messzeitpunkten in 24h.

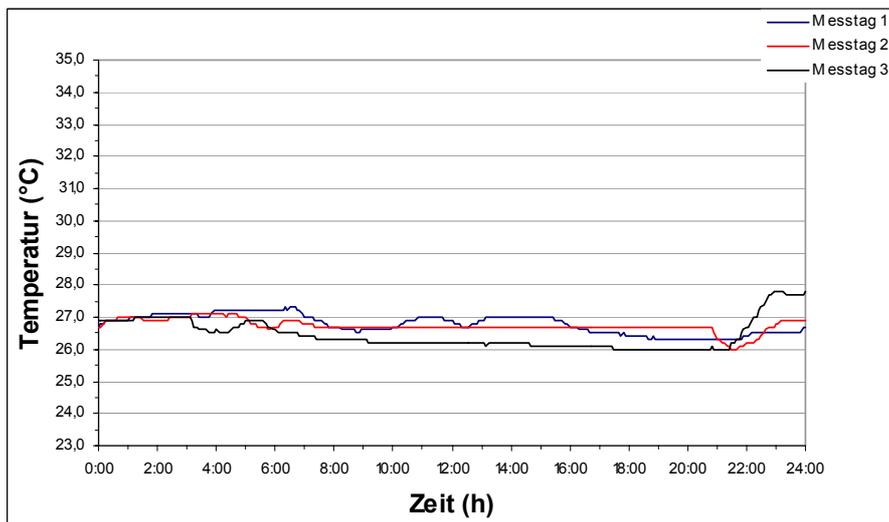


Abbildung 48: Ergebnisse der Temperaturmessungen in Netzteilnähe im Computerinneren Acer Veriton 5100 (operativer Bereich), an drei Messungen mit jeweils 290 Messzeitpunkten in 24h.

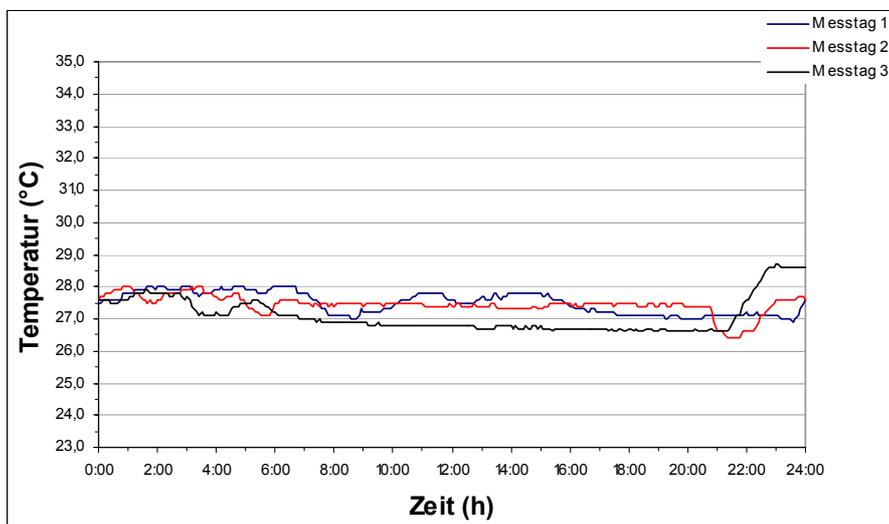


Abbildung 49: Ergebnisse der Temperaturmessungen am Metallgehäuse im Computerinneren Acer Veriton 5100 (operativer Bereich), an drei Messungen mit jeweils 290 Messzeitpunkten in 24h.

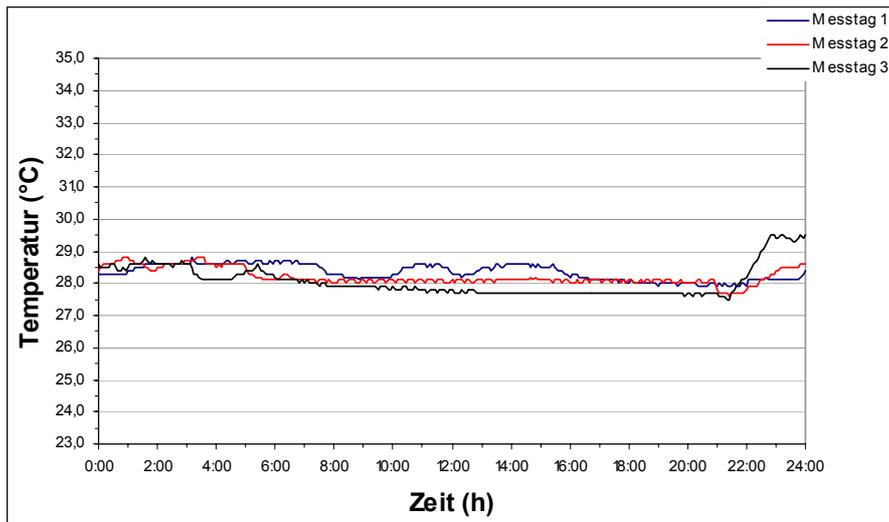


Abbildung 50: Ergebnisse der Temperaturmessungen im Computerinnenraum Acer Veriton 5100 (operativer Bereich), an drei Messungen mit jeweils 290 Messzeitpunkten in 24h.

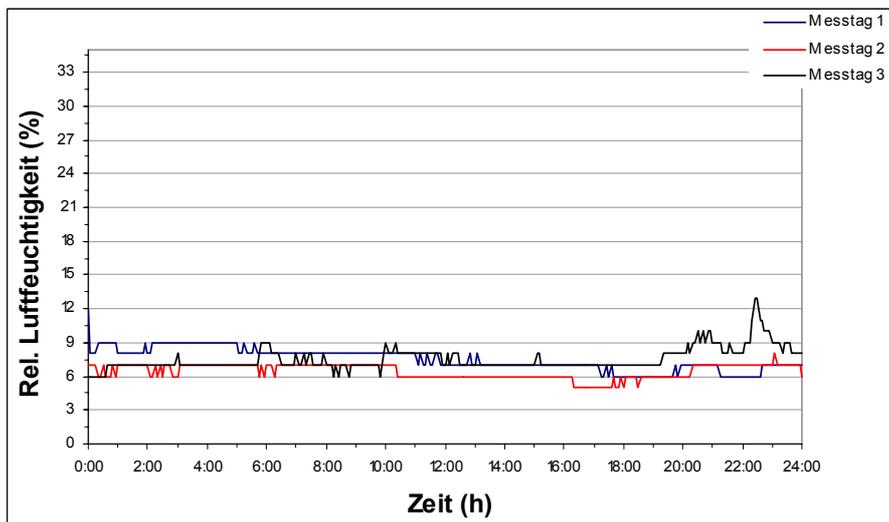


Abbildung 51: Ergebnisse der Luftfeuchtigkeitsmessungen im Computerinnenraum Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation), an drei Messungen mit jeweils 290 Messzeitpunkten in 24h.

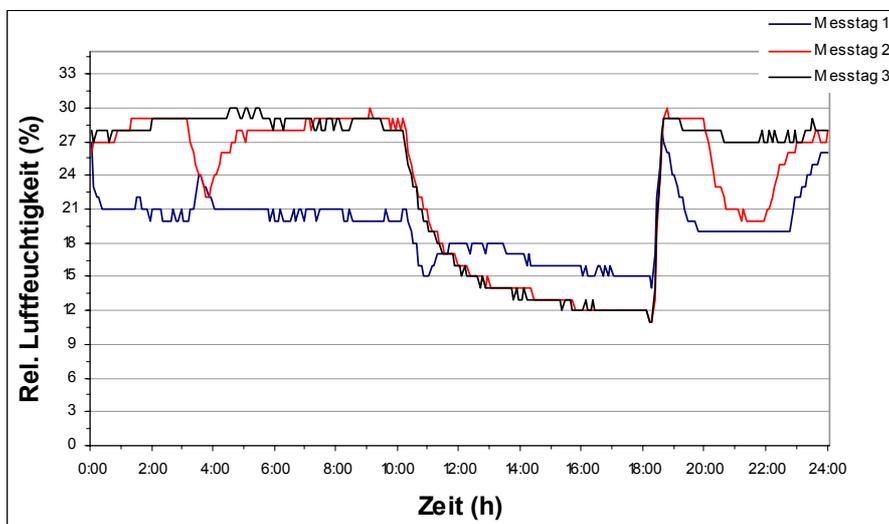


Abbildung 52: Ergebnisse der Luftfeuchtigkeitsmessungen im Computerinnenraum Acer Power 4400 (operative Intensivstation), an drei Messungen mit jeweils 290 Messzeitpunkten in 24h.

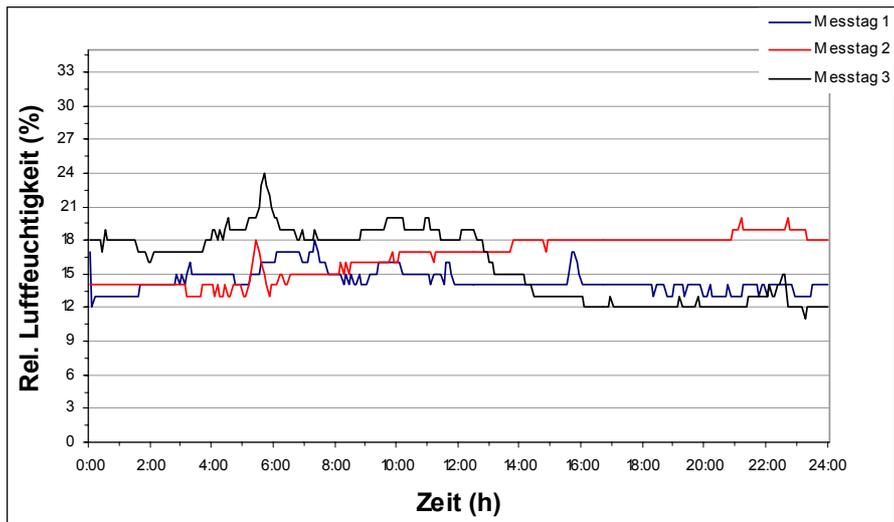


Abbildung 53: Ergebnisse der Luftfeuchtigkeitsmessungen im Computerinnenraum Acer Veriton 5100 (operativer Bereich), an drei Messungen mit jeweils 290 Messzeitpunkten in 24h.

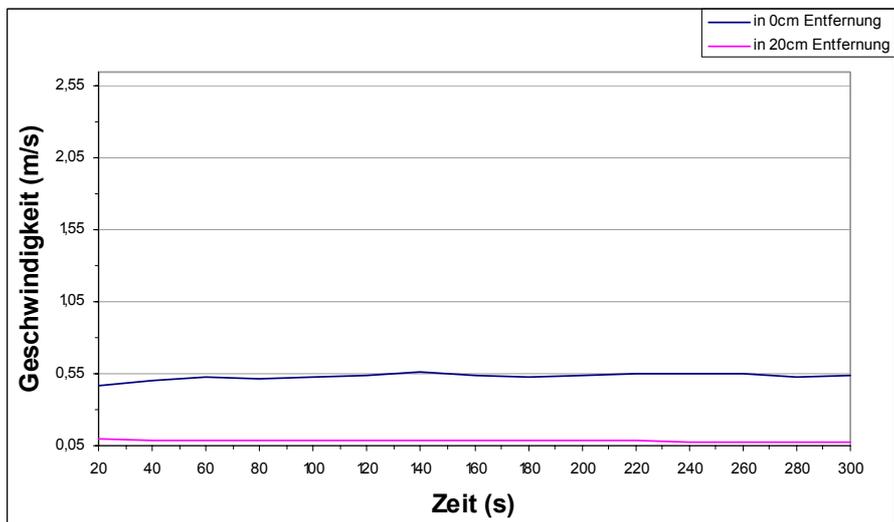


Abbildung 54: Ergebnisse der Luftgeschwindigkeitsmessungen in 0cm und 20cm Entfernung Peacock Procida (pädiatrische Intensivstation).

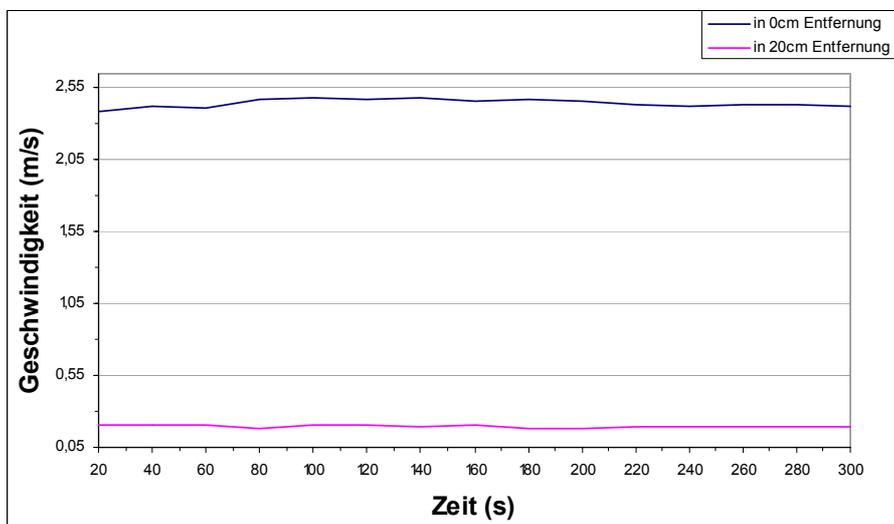


Abbildung 55: Ergebnisse der Luftgeschwindigkeitsmessungen in 0cm und 20cm Entfernung Acer Power 4400 (operative Intensivstation).

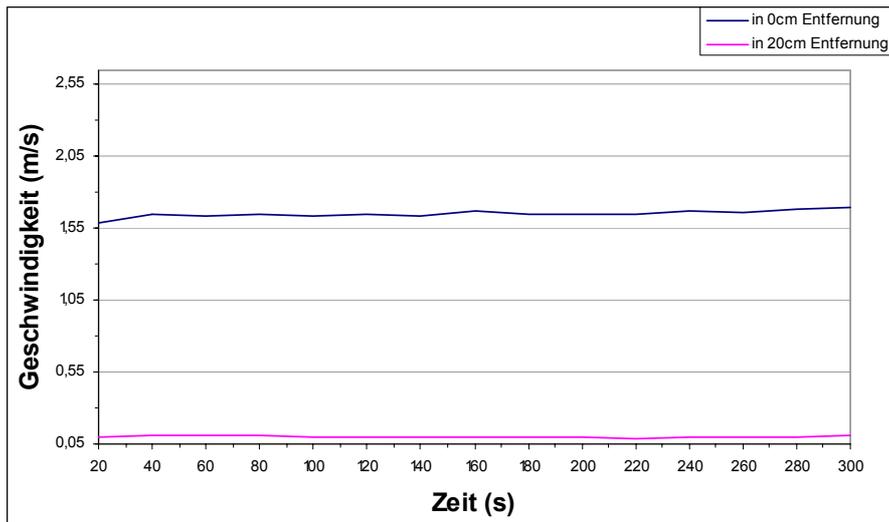


Abbildung 56: Ergebnisse der Luftgeschwindigkeitsmessungen in 0cm und 20cm Entfernung Acer Veriton 5100 (operativer Bereich).

## IX.2 Abkürzungsverzeichnis

A.	Aspergillus
Aqua dest.	Destilliertes Wasser
bzw.	beziehungsweise
°C	Celsius
C.	Candida
ca.	circa
CDC	Center of Disease Control and Prevention
d	Tage
d.h.	das heißt
E.	Escherichia
EPIC	European Prevalence of Infection in Intensive Care
ESBL	extended spectrum betalactamase Bildner
FTDL	Feuchtigkeits-Temperatur-Datenlogger
g	Gramm
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunde
KBE	Kolonienbildende Einheit
KNS	koagulase-negative Staphylokokken
l	Litter
LG	Luftgeschwindigkeit
m	Meter
min	Minute
MRSA	Methicillin-resistente S. aureus
n	Anzahl
N.	Neisseria
NIDEP	Nosokomiale Infektionen in Deutschland, Erfassung u. Prevention
NI	nosokomiale Infektionen
o.g.	oben genannte
P.	Pseudomonas
r.F.	relative Luftfeuchtigkeit
s	Sekunde
S. aureus	Staphylokokkus aureus
SENIC	Study on the Efficacy of Nosocomial Infection Control Project
s.o.	siehe oben
sp	Spezies
ssp	Subspezies
$\Delta T$	Durchschnittstemperatur
TDL	Temperatur-Datenlogger
T	Temperatur
u.a.	und andere
z.B.	zum Beispiel

### **IX.3 Ehrenerklärung**

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbstständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

## **IX.4 Danksagungen**

Bei allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, möchte ich mich an dieser Stelle herzlich bedanken.

Herrn Prof. Dr. Dr. G. Hempelmann danke ich für die Überlassung des Themas, sowie für die Bereitstellung der Räumlichkeiten und der Gerätschaften, die mir eine Durchführung dieser Arbeit ermöglicht haben.

Herrn Prof. Dr. B. Wille aus dem Hygiene Institut IKI Gießen danke ich herzlich für die Bereitstellung des Labors und der finanziellen Mittel, um diese Arbeit durchführen zu können. Weiterhin auch für die Betreuung während des wissenschaftlichen Teils der Dissertation und der stetigen Unterstützung und Ausdauer bei der Korrektur dieser Arbeit.

Herrn PD Dr. Axel Junger, Herrn Dr. Lorenzo Quinzio und Herrn Dr. Bernd Hartmann danke ich für die hilfreichen Anregungen und die wissenschaftliche Betreuung bei der Erstellung meiner Dissertation.

Mein Besonderer Dank gilt meinen Eltern, Miryam und Dr. Michael Blazek, die mir meinen Werdegang erst ermöglichten und mir während meines Studiums mit liebevoller Unterstützung und nie endender Motivation zur Seite gestanden haben.

Abschließend möchte ich meiner Verlobten Dr. Juliane E. Jung für Ihr Verständnis und Ihre unaufhörliche, innige Unterstützung danken. Während der Zeit, die diese Arbeit in Anspruch genommen hat, stand Sie mir fortwährend und liebevoll zur Seite.

## IX.5 Lebenslauf

### ● **Personalien**

---

Michael Blazek  
Hofgärten 10D  
35457 Lollar-Salzböden  
E-Mail michaelblazek@web.de

geboren am 27. Dezember 1975 in Prag (Tschechien)  
deutsche Staatsangehörigkeit  
Familienstand ledig

### ● **Schulbildung**

---

08/1982 - 07/1985	Grundschule Rheinbreitbach / Rheinland-Pfalz
08/1985 - 07/1986	Grundschule Braunfels / Hessen
08/1986 - 07/1993	Gymnasium Phillipinum Weilburg / Hessen
09/1993 - 08/1994	Huntington High School Huntington / West Virginia (USA) und Erwerb des High school Diploma
09/1994 - 06/1996	Besuch des Oberstufengymnasiums Goetheschule Wetzlar / Hessen und Erwerb der allgemeinen Hochschulreife

### ● **Ersatzdienst**

---

07/1997 - 08/1998	Malteser Hilfsdienst Wetzlar im Bereich Rettungsdienst
09/1998	Bestandene Prüfung zum Rettungssanitäter

### ● **Studium**

---

08/1996 - 02/1997	als undergraduate für Medizin an der University of West Virginia Morgantown / West Virginia (USA)
seit 10/1998	Studium der Humanmedizin an der JLU Gießen / Hessen
09/2000	Ärztliche Vorprüfung
08/2001	Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung
seit 10/2001	Doktorand in der Klinik für Anaesthesiologie, Intensivmedizin

	und Schmerztherapie der JLU Gießen unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Dr. G. Hempelmann und in Kooperation mit dem Hygiene Institut IKI in Gießen bei Herrn Prof. Dr. B. Wille
04/2004	Zweiter Abschnitt der ärztliche Prüfung
04/2004 - 03/2005	Praktisches Jahr mit Wahlfach Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde
05/2005	Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung an der Asklepios Klinik in Lich

### ● ***Praktisches Jahr***

---

1. Tertial	Hals-, Nasen-, Ohrenklinik der Justus-Liebig-Universität Gießen unter der Leitung von Frau Prof. Dr. H. Glanz
2. Tertial	Innere Medizin an der Asklepios Klinik in Lich unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. G. Goubeaud
3. Tertial	Abteilung für Chirurgie an der Asklepios Klinik in Lich unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. P. Hild

### ● ***Ärztliche Tätigkeit***

---

06.05.2005	Approbation als Arzt
15.05.2005	Tätigkeit als Assistenzarzt in der Klinik für Chirurgie unter Herrn Prof. Dr. K.-H. Muhrer am Evangelischen Krankenhaus Gießen