

TÜV Rheinland LGA Products GmbH

**Bericht - Nr. 3026520**

über  
die Durchführung  
einer vergleichenden Untersuchung  
zur Handtrocknung mit Papierhandtüchern und  
Händetrocknern mit Hochgeschwindigkeitsluftstrom  
August 2011

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Proben. Dieser Prüfbericht darf ohne schriftliche Genehmigung nicht auszugsweise vervielfältigt werden und berechtigt nicht zur Verwendung eines TÜV Rheinland Group Prüfzeichens.

TÜV Rheinland LGA Products GmbH, Am Grauen Stein 29, 51105 Köln

Sitz der Gesellschaft: Tillystraße 2, 90431 Nürnberg, Tel. +49 911 655 5225, Fax +49 911 655 5226, Mail [service@de.tuv.com](mailto:service@de.tuv.com),

Web [www.tuv.com/safety](http://www.tuv.com/safety), Geschäftsführung: Dipl.-Ing. Jörg Mähler (Sprecher), Dipl.-Kfm. Dr. Jörg Schlösser, Amtsgericht Nürnberg

HRB 26013, UST-ID Nr.: DE811835490

16.12.2011

TÜV-Auftrags-Nr.: 3026520

Seite 1 von 41

**Bericht - Nr. 3026520**

über  
die Durchführung  
einer vergleichenden Untersuchung  
zur Handtrocknung mit Papierhandtüchern und  
Händetrocknern mit Hochgeschwindigkeitsluftstrom

Auftraggeber: Verband Deutscher Papierfabriken e.V.  
Herr Dr. Thomas Moldenhauer  
Adenauerallee 55  
53113 Bonn

Auftragsdatum: 14. April 2011

TÜV-Auftrags-Nr.: 3026520

Untersuchungszeitraum: 27. April bis 31. August 2011

Projektleiter: Evelyn Schwarz (Tel.: 0221/806-2045)  
TÜV Rheinland LGA Products GmbH  
KST 559 - Gefahrstoffe, Arbeitsschutz, Mikrobiologie und  
Hygiene, Köln

Weitere Sachverständige: Geräuschemessungen  
Herr Dipl.-Ing. Wilhelm Kurtz, TÜV Rheinland Energie und  
Umwelt GmbH

## **INHALTSVERZEICHNIS**

|   | <b>Seite</b> |
|---|--------------|
| <b>1 AUFGABENSTELLUNG</b>   | <b>3</b>     |
| <b>2 EINLEITUNG</b>   | <b>4</b>     |
| <b>3 GERÄUSCHMESSUNGEN</b>  | <b>6</b>     |
| 3.1 Messungen in einem realen Waschraum mittels Schallpegelanalysator | 6            |
| 3.2 Beschreibung der Lärmwirkung                                      | 9            |
| 3.3 Messungen mit „Kunstkopf“   | 10           |
| 3.4 Messungen entsprechend 2006/42/EG (Maschinenrichtlinie)           | 10           |
| 3.5 Bewertungen der Geräuschemessungen                                | 11           |
| <b>4 HYGIENEUNTERSUCHUNGEN</b>  | <b>13</b>    |
| 4.1 Praxistest  | 13           |
| 4.2 Umgebungsuntersuchungen   | 18           |
| 4.3 Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse der Hygieneuntersuchung | 27           |
| <b>5 WEITERE BETRACHTUNGEN ZUR HÄNDETROCKNUNG</b>                     | <b>30</b>    |
| <b>6 ZUSAMMENFASSUNG</b>  | <b>31</b>    |
| <b>7 LITERATUR</b>  | <b>33</b>    |
| <b>8 ANHANG</b>   | <b>34</b>    |

## 1 AUFGABENSTELLUNG

Die TÜV Rheinland LGA Products GmbH wurde am 14.04.2011 vom Verband Deutscher Papierfabriken e.V. in Bonn, vertreten durch Herrn Dr. Thomas Moldenhauer, beauftragt, eine vergleichende Untersuchung über die Handtrocknung mit Papierhandtüchern und Händetrocknern mit Hochgeschwindigkeitsluftstrom des Typs Dyson Airblade™ durchzuführen.

Die Aufgaben dieser Untersuchung waren

- das durch den Dyson Airblade™ Händetrockner verursachte Geräuschaufkommen zu messen und zu beurteilen, ob die durch den Betrieb des Gerätes verursachten Geräusche gesundheitliche Auswirkungen haben können.
- die Bestimmung der Veränderung der Anzahl der Bakterien auf den Händen im Praxistest mit 135 Probanden vor dem Händewaschen und nach dem Händetrocknen. Es sollten die Veränderungen der Anzahl Bakterien bei Einsatz von Papierhandtüchern und dem Dyson Airblade™ Händetrockner verglichen werden.
- die Durchführung von Untersuchungen in einem Waschraum, in dem Dyson Airblade™ Händetrockner in Betrieb sind, auf bakterielle Kontaminationen sowohl in der Umgebungsluft als auch auf den Oberflächen der Geräte und in der näheren Umgebung.

## 2 EINLEITUNG

Auch im 21. Jahrhundert sind Infektionskrankheiten verantwortlich für den Tod von Millionen von Menschen auf der Welt.

Erst in den letzten Jahren wurden Epidemien mit bislang unbekanntem Krankheitserregern wie Vogelgrippe, Schweinegrippe, Norovirusinfektion ausgelöst. Anfang dieses Jahres wurde die Bevölkerung in der BRD verunsichert, da etliche Menschen an Infektionen mit *Escherichia coli* Spezies starben und die Quelle lange Zeit nicht ausgemacht werden konnte.

Auch die sog. „im Krankenhaus erworbenen Infektionen“, die durch Bakterien wie Methicillin resistente *Staphylococcus aureus* (MRSA), Pseudomonaden und Clostridien verursacht werden, gelangen zu immer mehr Aufmerksamkeit und stellen an Krankenhäuser hohe Anforderungen an die Hygienemaßnahmen.

Wissenschaftlich ist bewiesen, dass Bakterien über Handkontakt vom Patient direkt oder über das Personal weiter auf andere Menschen übertragen werden können. Daher ist eine effiziente Händereinigung essentiell zur Unterbrechung der Übertragungskette.

In öffentlichen Waschräumen kann man zum Trocknen der Hände unterschiedliche Geräte und Materialien vorfinden. Dies sind Papierhandtücher, Stoffrollen und Lufttrockner.

In den letzten Jahren werden im zunehmenden Maße Händetrocknungsgeräte auf den Markt gebracht, die im Vergleich zu herkömmlichen Warmlufttrocknern die Hände innerhalb kürzester Zeit vollständig mit einem kalten Hochgeschwindigkeitsluftstrom und gleichzeitig hygienisch einwandfrei trocknen sollen. Dies soll gelingen, in dem man die tropfnassen Hände in das Gerät hält und diese dort durch einen intensiven Luftstrom getrocknet werden.

Beim Trocknungsvorgang werden bedingt durch einen immensen Luftstrom Wassertropfen von den tropfnassen Händen in die Umgebung geblasen. Bei häufiger Benutzung führt dies zu sichtbaren Wasserlachen im Umfeld der Geräte.

Unsere Untersuchungen im September 2005 (s. Bericht – Nr.425-452006 über die Durchführung einer Untersuchung über Handtrocknung) ergaben, dass nach dem Waschen auf den noch nassen Händen eine vergleichsweise hohe Keimbelastung vorliegt.

16.12.2011

TÜV-Auftrags-Nr.: 3026520

Seite 5 von 41

Da es aus hygienischer Sicht bedenklich ist, wenn dieses belastete Wasser mit dem Luftstrom des Gerätes in die Umgebung geblasen wird, wurden von uns in diesem Auftrag mikrobiologische Untersuchungen auf Keimbelastungen bei und nach Betrieb der Lufttrockner sowohl in der Umgebungsluft als auch auf den Oberflächen der Geräte durchgeführt.

Weitere Untersuchungen sollen einen Vergleich der Keimbelastung auf den Händen vor und nach dem Waschen und Trocknen zum einen mit dem Dyson Airblade™ Händetrockner und zum anderen mit Papiertüchern ermöglichen.

Beim Betrieb des Dyson Airblade™ Händetrockner ist die erhebliche Geräusentwicklung besonders auffällig. Ob diese Geräuschbelastung zu einer Gesundheitsgefährdung führen kann und ob Kinder, die häufig viel näher als Erwachsene mit ihren Ohren an dem Gerät sind, einem höheren Geräuschpegel ausgesetzt sind und dadurch mehr gefährdet werden, wurde mittels unserer Geräuschmessungen geprüft.

### 3 GERÄUSCHMESSUNGEN

Im Rahmen der hier vorgenommenen Untersuchung haben wir Geräuschmessungen an drei Exemplaren des Dyson Airblade™ Händetrockners durchgeführt. Beim Betrieb des Dyson Airblade™ Händetrockners ist die erhebliche Geräuschentwicklung besonders auffällig. Dabei spielte der Gedanke auch eine Rolle, dass Kinder auf Grund der Körpergröße dem Gerät unter Umständen sehr nahe kommen und dann im Vergleich zu Erwachsenen einer deutlich größeren Geräuschbelastung ausgesetzt sein können.

Getestet wurden Dyson Airblade™ Händetrockner mit den Seriennummern A01-EU-110215 J140A, - J141A, - J150A.

Die Messungen untergliedern sich in drei Arbeitspakete, die im Folgenden detailliert beschrieben sind.

#### 3.1 Messungen in einem realen Waschraum mittels Schallpegelanalysator

##### 3.1.1 Prüfgrundlage

In Anlehnung an EG-Richtlinie 2002/44/EG zum Schutz von Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm

a) Messverfahren

Personenbezogene Messung am Ohr von Personen (Abstand ca. 0,1 m vom Ohr, auf Ohrhöhe ca. 1,6 m über Boden (siehe auch Fotos als Anlage zu diesem Bericht))

b) Messort

Waschraum mit gefliesten Wänden und abgehängter Decke

c) Messbedingungen

Drei Geräte an der Wand im jeweiligen Abstand von ca. 0,4 m. Oberkante der Gerätegehäuse jeweils ca. 1,05 m über Boden entsprechend der Herstellerangabe für „Männer“. Die Geräte wurden jeweils im „Leerlauf“ und im „Trockenbetrieb“ gemessen.

d) Messgeräte

Schallpegelanalysator: Brüel & Kjaer, Typ 2260.

Kalibrator Brüel & Kjaer Typ 4231.

Das Messsystem entspricht den Bedingungen der DIN EN 61672 und wurde zu Beginn der Messungen kalibriert.

### 3.1.2 Messergebnisse

Die gewonnenen Messergebnisse beziehen sich auf einen minimalen Abstand zwischen Schallquelle und Ohr von ca. 0,5 m. Bei Abständen von z. B. 25 cm, wie er bei Nutzung des Trockners durch Kinder auftreten kann, sind nach dem Schallausbreitungsgesetz ca. 6 dB höhere Schalldruckpegel zu erwarten.

Am Ohr einer am mittleren von drei Geräten stehenden Bedienperson wurden folgende A-bewertete Schalldruckpegel gemessen. Die sogenannte A-Bewertung berücksichtigt dabei das frequenzabhängig unterschiedliche Hörvermögen von Menschen. Dabei werden insbesondere tiefe und hohe Frequenzen gedämpft.

Tabelle 1:

| Nr. | Kommentar                           | Schalldruckpegel<br>in dB(A) |
|-----|-------------------------------------|------------------------------|
| 1   | Dyson Airblade* Mitte Leerlauf      | 87                           |
| 2   | 2 Dyson Airblade* Leerlauf          | 89                           |
| 3   | 3 Dyson Airblade* Leerlauf          | 90                           |
| 4   | Dyson Airblade* Mitte Handtrocknung | 91                           |
| 5   | 2 Dyson Airblade* Handtrocknung     | 92                           |
| 6   | 3 Dyson Airblade* Handtrocknung     | 92                           |

\* Dyson Airblade™ Händetrockner

Aus der Tabelle 1 wird ersichtlich, dass insbesondere beim Trockenvorgang Schalldruckpegel von mehr als 90 dB(A) am Ohr von Nutzern hervorgerufen werden können.

Dieses Niveau stellt bei der in den technischen Daten des Geräts angegebenen Trocknungszeit von 10 Sekunden keine Einwirkung dar, die in den Bereich der Gehörgefährdung fällt.

Ein Vergleich mit einem Geräuschniveau bei menschlicher Unterhaltung von ca. 65 dB(A) zeigt aber, dass zumindest die Kommunikation während des Gerätebetriebs erheblich gestört ist.



In VDI-Richtlinie 2058 Blatt 3 ist hierzu folgendes ausgeführt:

„Bei geringen Anforderungen (befriedigende Sprachverständlichkeit (80 % Einsilbenverständlichkeit, 97 % Satzverständlichkeit); angehobener Sprechaufwand) und einer Entfernung der Gesprächspartner von 1 m bis 2 m sollte der A-bewertete Schalldruckpegel des Störgeräusches 55 dB bis 65 dB nicht überschreiten. Diese Anforderung ist nur für kurze Gespräche zweckmäßig.“

In extremen Situationen, wenn z. B. ein Kind das Ohr direkt an den Trocknungsbereich des Gerätes hält, treten Schalldruckpegel bis zu  $LAF = 110 \text{ dB(A)}$  bzw. Spitzenpegel  $LpCpeak = 129 \text{ dB(C)}$  auf.

In Ermangelung eines eigenständigen Regelwerkes wird hilfsweise auf Anforderungen in anderen Regelwerken hingewiesen:

*DIN EN 71-1 „Sicherheit von Spielzeug“, Ausgabe September 2008*

Diese Europäische Norm gilt für Kinderspielzeug, d. h. für alle Erzeugnisse oder Materialien, die konstruiert bzw. eindeutig dafür bestimmt sind, von Kindern unter 14 Jahren zum Spielen benutzt zu werden.

In Ziffer 4.20 „Akustische Anforderungen“ heißt es u. a.: „Die Anforderungen in 4.20 gelten nicht für mundbetätigtes Spielzeug, dessen Geräuschpegel durch die Stärke des Blasens bestimmt wird (z. B. Pfeifen und nachgebildete Musikinstrumente wie Trompeten, Flöten).

„Der C-bewertete Emissions-Spitzen Schalldruckpegel  $LpCpeak$ , der mit jedem anderen Spielzeug, mit Ausnahme von Spielzeug, das Amorces verwendet, erzeugt wird, darf 115 dB nicht überschreiten.“

In Ziffer 7.14 ist darüber hinaus angegeben: „Spielzeug, das einen Schallpegel mit hohem Impuls erzeugt, muss entweder auf dem Spielzeug oder auf der Verpackung folgenden Warnhinweis tragen:

**WARNUNG! Nicht in Ohrnähe anwenden!**

**Missbrauch kann zu Gehörschäden führen!“**

### **3.2 Beschreibung der Lärmwirkung**

Zur Beschreibung der Lärmwirkung eines Schalls ist die „Lästigkeit“ von besonderer Bedeutung. Eine eindeutige und allgemeingültige Definition des Begriffes „Lästigkeit“ liegt bisher nicht vor. Das Problem der Begriffsdefinition ergibt sich dadurch, dass die „Lästigkeit“ sowohl eine situations- als auch personenbezogene Empfindungsgröße darstellt.

Zur Beurteilung der „Lästigkeit“ von Geräuschen werden psychoakustische Parameter wie Lautheit, Schärfe, Rauigkeit, Schwankungsstärke und Tonhaltigkeit herangezogen.

Dabei haben neben der Lautheit die Schärfe und die Tonhaltigkeit im vorliegenden Fall die größte Signifikanz. Die Eigenschaften Schärfe und Tonhaltigkeit werden neben der bereits beschriebenen Lautstärke im Folgenden untersucht:

#### Schärfe

Die Schärfe lässt sich getrennt von anderen Empfindungsgrößen wahrnehmen. Dabei ist die spektrale Einhüllende eines Geräusches für die Schärfeempfindung von grundlegender Bedeutung. Hohe Spektralanteile sind für eine dominante, ausgeprägte Schärfe verantwortlich. Im Bereich von 200 Hz bis 10 KHz steigt die Schärfe etwa um den Faktor 50 an.

Ein Vergleich der gemessenen Spektren mit den genannten Kriterien zeigt, dass das vom Dyson Airblade™ Händetrockner emittierte Geräusch dominierende Spektralanteile im Frequenzbereich 200 Hz bis 10 KHz aufweist und dementsprechend diesem Geräusch die Eigenschaft „Schärfe“ zugeordnet werden kann.

#### Tonhaltigkeit

Eine Analyse hinsichtlich deutlich hervortretender Tonhaltigkeit zeigt sowohl subjektiv als auch messtechnisch, dass das von Dyson Airblade™ Händetrocknern emittierte Geräusch tonhaltig ist.

Dies wird insbesondere in der Spektralanalyse deutlich, die deutlich hervortretende Einzelfrequenzen in der 500 Hz und der 630 Hz-Terzbandbreite aufweist.

### 3.3 Messungen mit „Kunstkopf“

Ziel der kunstkopfbezogenen Geräuschermittlung ist die verzerrungsfreie Messung, Übertragung und Reproduktion von Schallereignissen an den Trommelfellen.

Dazu wurde im vorliegenden Fall ein kalibrierfähiges Kunstkopf-Meßsystem der Fa. HEAD acoustics GmbH eingesetzt.

Dieses Kunstkopf-Meßsystem weist eine originalgetreue Kopf- und Ohrmuschelnachbildung auf und hat damit Übertragungseigenschaften, die mit dem menschlichen Gehör vergleichbar sind.

Um Kunstkopfsignale kompatibel zu konventioneller Messtechnik (Mikrofonaufnahme außerhalb des Ohres) analysieren zu können, ist eine Entzerrung erforderlich.

Im vorliegenden Fall wurde bezogen auf Schallfelder, die weder einem Diffusfeld noch einem Freifeld entsprechen (hier: Waschraum einer Toilettenanlage) die sogenannte ID-Entzerrung verwendet.

Die Ergebnisse der durchgeführten Messungen mit Entzerrung sind in Form von Spektren in Terzbandbreite in der Anlage dargestellt.

Eine Bewertung dieser Spektren hinsichtlich der Lästigkeitskriterien „Schärfe“ und „Tonhaltigkeit“ zeigt, dass die bereits mit „konventioneller“ Messtechnik gewonnenen Lästigkeitseffekte noch deutlicher sichtbar werden.

### 3.4 Messungen entsprechend 2006/42/EG (Maschinenrichtlinie)

Laut Maschinenrichtlinie muss jede Betriebsanleitung folgende Mindestangaben enthalten.

- der A-bewertete Emissionsschalldruckpegel an den Arbeitsplätzen, sofern er 70 dB(A) übersteigt; ist dieser Pegel kleiner oder gleich 70 dB(A), so ist dies anzugeben;
- der Höchstwert des momentanen C-bewerteten Emissionsschalldruckpegels an den Arbeitsplätzen, sofern er 63 Pa (130 dB bezogen auf 20 µ übersteigt);
- der A-bewertete Schalleistungspegel der Maschine, wenn der A-bewertete Emissionsschalldruckpegel an den Arbeitsplätzen 80 dB(A) übersteigt.

Diese Werte müssen entweder an der betreffenden Maschine tatsächlich gemessen oder durch Messung an einer technisch vergleichbaren, für die geplante Fertigung repräsentativen Maschine ermittelt worden sein.

Kommen keine harmonisierten Normen zur Anwendung, ist zur Ermittlung der Geräuschemission nach der dafür am besten geeigneten Messmethode zu verfahren. Bei jeder Angabe von Schallemissionswerten ist die für diese Werte bestehende Unsicherheit anzugeben. Die Betriebsbedingungen der Maschine während der Messung und die Messmethode sind zu beschreiben.

16.12.2011

TÜV-Auftrags-Nr.: 3026520

Seite 11 von 41

Den Dyson Airblade™ Händetrocknern ist ein Informationsblatt „Technische Daten“ beigelegt. In diesem Informationsblatt ist ein „Geräuschpegel: 85 dB(A)“ angegeben.

Weitere erforderliche Informationen wie der „A-bewertete Schalleistungspegel“, die „Unsicherheit“ und die „Messmethode“ sind nicht angegeben.

Die akustische Vermessung des Gerätes entsprechend der Maschinenrichtlinie ergibt einen Schalldruckpegel am Ohr der Bedienperson, Messabstand ca. 10 cm von LAeq = 87 dB(A). Unter Berücksichtigung einer Unsicherheit von 2 dB ist damit die Geräuschangabe im Informationsblatt bestätigt.

Der zugehörige C-bewertete Emissionsschalldruckpegel beträgt 102 dB(C).

Der aus den Messungen resultierende Schalleistungspegel beträgt ca. Lw = 91 dB(A).

Aus diesem Wert können Schalldruckpegel für verschiedene Messabstände abgeleitet werden.

Die laut Maschinenrichtlinie anzugebenden Geräuschwerte sind keine Grenzwerte. Sie dienen der Information des Verbrauchers.

### 3.5 Bewertungen der Geräuschmessungen

Die Geräuschmessungen an Dyson Airblade™ Händetrocknern wurden

- in einem realen Waschraum mittels Schallpegelanalysator
- in einem realen Waschraum mittels „Kunstkopf-Messsystem“ und
- entsprechend „Maschinenrichtlinie“ 2006/42/EG

durchgeführt.

Dabei wurden folgende Ergebnisse festgestellt:

- Am Ohr von Nutzern wurden Schalldruckpegel bis zu 92 dB(A) gemessen. Bei diesen Schalldruckpegeln ist eine Sprachkommunikation erheblich gestört. Die Einwirkung fällt aber nicht in den Bereich einer Gehörgefährdung.
- In extremen Situationen, z. B. wenn ein Kind das Ohr direkt an den Trocknungsbereich des Gerätes hält, treten Schalldruckpegel LAF bis zu 110 dB(A) und Spitzenpegel LpCpeak bis zu 129 dB(C) auf.

Wird in Ermangelung eines eigenständigen Regelwerkes hilfsweise auf die DIN EN 71-1 „Sicherheit von Spielzeug“, Ausgabe September 2008, zurückgegriffen, ist dort folgendes ausgeführt:

„Der C-bewertete Emissions-Spitzen Schalldruckpegel LpCpeak, der mit jedem anderen Spielzeug, mit Ausnahme von Spielzeug, das Amorces verwendet, erzeugt wird, darf 115 dB nicht überschreiten.“

16.12.2011

TÜV-Auftrags-Nr.: 3026520

Seite 12 von 41

„Spielzeug, das einen Schallpegel mit hohem Impuls erzeugt, muss entweder auf dem Spielzeug oder auf der Verpackung folgenden Hinweis tragen:

WARNUNG! Nicht in Ohrnähe verwenden  
Missbrauch kann zu Gehörschäden führen!“

- Im Rahmen einer Bewertung der Lärmwirkung wurden dem Geräusch des Dyson Airblade™ Händetrockners hinsichtlich der Lästigkeitskriterien die Eigenschaften „Schärfe“ und „Tonhaltigkeit“ zugeordnet.
- Die Messergebnisse im Rahmen der „Maschinenrichtlinie“ bestätigen die Geräuschangaben im Informationsblatt.

## **4 HYGIENEUNTERSUCHUNGEN**

### **4.1 Praxistest**

#### **4.1.1 Durchführung**

Zur Erzielung vergleichbarer Testergebnisse hinsichtlich der Hygieneigenschaften wurden in drei Serien mit je 45 Testpersonen die Vergleichsprodukte (zwei Sorten Papierhandtücher und fabrikneuen Dyson Airblade™ Händetrocknern) in einem Praxistest einer bestimmungsgemäßen Nutzung unterzogen. Die Testpersonen wurden ausschließlich aus der Belegschaft von TÜV Rheinland rekrutiert. Um eine hinreichende Vergleichbarkeit zu gewährleisten, durfte jede Testperson nur einmal innerhalb einer Testreihe teilnehmen.

##### **4.1.1.1 Ablauf der Probenahme für die mikrobiologischen Laboruntersuchungen**

Für die Durchführung der Praxistests wurde in der TÜV Rheinland Hauptverwaltung in Köln ein Untersuchungsraum eingerichtet. Dazu wurden Papierhandtuchspender bzw. Dyson Airblade™ Händetrockner in diesem Raum montiert. In diesem Untersuchungsraum erfolgte der Praxistest mit dem Händewaschen und dem Trocknen der Hände durch die Testpersonen. Hier erfolgten auch die für die Bewertung der Hygieneigenschaften relevanten mikrobiologischen Probenahmen.

Es wurden zuerst die Hände der Testpersonen vor dem Waschen beprobt. Dazu wurden die Oberflächen der Finger für 10 Sekunden mit dem Nährboden in Kontakt gebracht. Das Waschen der Hände erfolgte mit kaltem Wasser und einer milden, gut hautverträglichen Flüssigseife. Danach trockneten sich die Testpersonen die Hände und es erfolgte eine weitere Probenahme.

Für die Bestimmung der Gesamtanzahl von aeroben Bakterien wurde ein nicht selektiver Nährboden (s. 4.1.2.1) eingesetzt.

Zusätzlich wurde für den Nachweis spezifischer Bakterienarten bei allen Teilnehmern jeder Serie zusätzlich eine Probenahme auf Selektivnährböden (s. 4.1.2.1) vorgenommen. Damit wurde das Vorhandensein oder die Abwesenheit der Bakterien wie z. B. E.coli, Coliforme oder Staphylococcus überprüft. Diese Differenzierung wurde anhand der Selektivnährböden für alle drei Produkte bei den insgesamt 135 Tests durchgeführt.

Die Nährböden wurden im mikrobiologischen Labor der TÜV Rheinland LGA Products GmbH, Köln, bebrütet. Die auf den Nährböden gewachsenen Bakterienkolonien wurden quantitativ ausgewertet und als Anzahl Bakterien angegeben.

## 4.1.2 Eingesetzte Materialien und Geräte

### 4.1.2.1 Praxistest

1. Papierhandtuch Katrin Classic, One Stop L2, (2-lagig)
2. Papierrolle Tork Premium Roll Soft, H1 Matic Systems, (2-lagig)
3. Händetrockner Dyson Airblade™, Aluminium fascia, AB 01,  
Seriennummern A01-EU-110215 J142A, -J148A

#### Bakterienanzucht

##### Nutrient-Nährbodenagar (NA)

Dieser Nährbodenagar wird zur Ermittlung der Gesamtbakterienzahl eingesetzt. Er ist ein nicht selektives Wachstumsmedium und wird zur Ermittlung der Bakterienanzahl verwendet. Auf ihm wachsen alle nicht-anspruchsvollen aeroben Bakterien.

#### Spezifische Bakterienanzucht

Um weitere Informationen über die vorhandenen Bakterien zu erhalten, wurden zur Identifizierung einzelner Bakterienarten die folgenden selektiven Nährböden eingesetzt.

##### CLED-Agar

Dieser „Cysteine Lactose Electrolyte Deficient“ Nährbodenagar hat eine Selektivwirkung und dient zur Isolierung von fakultativ pathogenen Bakterien wie Enterokokken, Staphylokokken, Escherichia coli und coliformen Bakterien.

##### Mannit-Kochsalz-Agar (MAN)

Mannit-Kochsalz-Agar ist ein selektiver Nährboden, der zur Isolierung von präsumtiven, pathogenen Staphylokokken dient. Das Wachstum der meisten anderen Bakterien mit Ausnahme einiger halophiler, mariner Keime wird durch die hohe Salzkonzentration gehemmt. Koagulase-positive Staphylokokken bilden Kolonien mit einem hellgelben Hof, während andere Staphylokokken solche mit rötlichem Hof bilden.

Alle Nährböden wurden von der Fa. Oxoid bezogen.

### 4.1.2.2 Umgebungsuntersuchungen

Luftkeimsammler: RCS Biotest

#### Bakterienanzucht

##### CASO-Nährbodenagar

Dieser Nährbodenagar ist ein nicht selektives Wachstumsmedium und wurde zur Ermittlung der Bakterienanzahl verwendet. Auf ihm wachsen alle nicht-anspruchsvollen aeroben Bakterien.

Peptonwasser

Nährsalzhaltiges gepuffertes Flüssigmedium zur Anzucht von Bakterien.

**4.1.3 Ergebnisse****4.1.3.1 Gesamtbakterienzahl**

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Untersuchungen der einzelnen Untersuchungsreihen tabellarisch (Tabelle 2) und grafisch (Abb. 1) zusammengefasst. Für die Untersuchung der Gesamtbakterienzahl wurde Nutrient-Nährbodenagar verwendet. Es wurden die Durchschnittswerte der Bakterien vor dem Waschen (VW) und nach dem Waschen und Trocknen (NT) der Hände mit den verschiedenen Trocknungsmethoden Papiertücher und -rolle und Lufttrocknung ermittelt und als Kolonie bildende Einheiten (KBE) angegeben. Die Werte vor dem Waschen wurden auf 100 % normiert.

Tabelle. 2: Anzahl der Bakterien vor Waschen (VW) und nach Trocknen (NT)

| <b>Serien</b>                      | <b>Vor Waschen<br/>(VW)<br/>(KBE)*</b> | <b>Nach Trocknen<br/>(NT)<br/>(KBE)*</b> |
|------------------------------------|--|--|
| Papierhandtuch 2-lagig Tissue      | 100                                    | 68                                       |
| Papierhandtuchrolle 2-lagig Tissue | 100                                    | 86                                       |
| Dyson Airblade™ Händetrockner      | 100                                    | 107                                      |

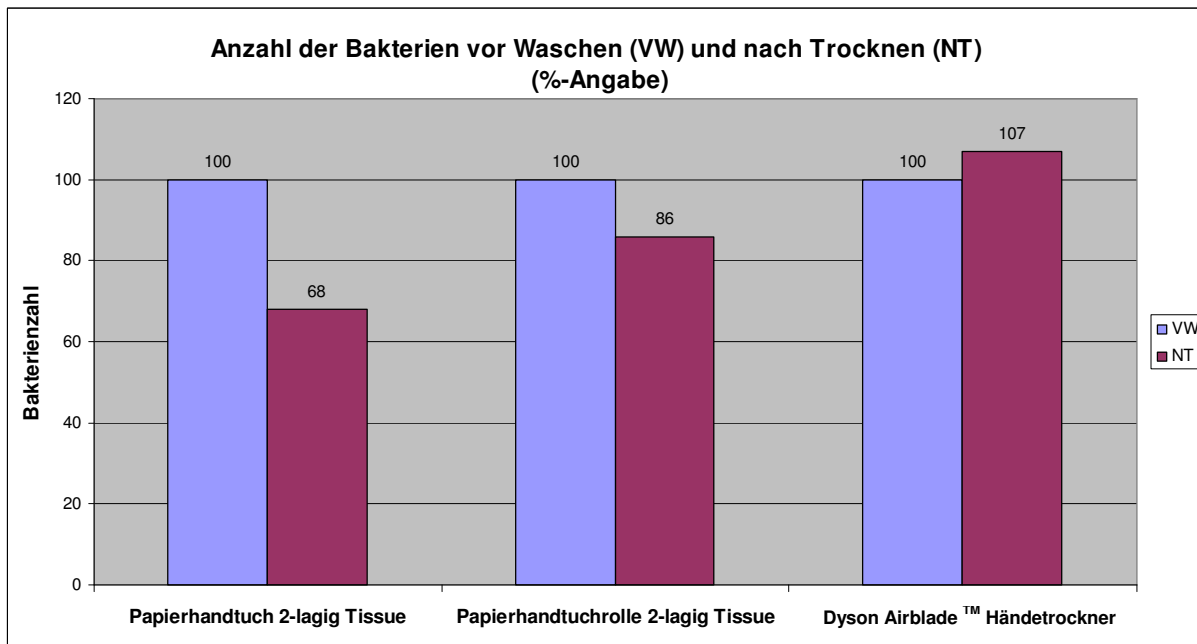
\* 1 KBE = 1 Kolonie bildende Einheit entspricht 1 Bakterie auf dem beprobten Medium

Die Belastung der Hände mit Bakterien vor dem Waschen im Vergleich zu der Belastung nach dem Waschen und Trocknen hat bei beiden Papierhandtüchern abgenommen und ist bei Benutzung des Dyson Airblade™ Händetrockners gestiegen.



In der Abb. 1 sind die Mittelwerte der Veränderungen der Gesamtbakterienzahl (Tabelle 2) auf den Händen vor dem Waschen und nach dem Trocknen der einzelnen durchgeführten Serien gegenübergestellt. Die Werte vor dem Waschen wurden auf 100 % normiert.

Abb.: 1



#### 4.1.3.2 Spezifische Bakterien

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Untersuchungen von drei verschiedenen Wachstumsmedien mit Angabe der Veränderungen der Bakterienzahl und -arten in Prozenten vor dem Waschen und nach dem Trocknen der Hände mittels der verschiedenen Trocknungsmethoden (Papier, Lufttrockner) dargestellt. In der Tabelle 3 sind die Mittelwerte für Papiertücher und Papierrolle jeweils in einer Zeile ausgewiesen.

Tabelle 3: Anzahl der Bakterien in KBE vor Waschen(VW) und nach Trocknen (NT)

| Medium | Handtrocknungs-<br>methode | Vor Waschen<br>(VW)<br>(KBE)** | Nach Trocknen<br>(NT)<br>(KBE)** | Veränderungen<br>(%) |
|--------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| NA     | Papier<br>(Tücher, Rolle)  | 92                             | 70                               | - 24                 |
| NA     | Dyson Airblade*            | 82                             | 88                               | + 7                  |
| MAN    | Papier<br>(Tücher, Rolle)  | 73                             | 64                               | - 12                 |
| MAN    | Dyson Airblade*            | 77                             | 90                               | + 17                 |
| CLED   | Papier<br>(Tücher, Rolle)  | 75                             | 65                               | - 13                 |
| CLED   | Dyson Airblade*            | 65                             | 75                               | + 15                 |

\* Dyson Airblade<sup>TM</sup> Händetrockner

\*\* 1 KBE = 1 Kolonie bildende Einheit entspricht 1 Bakterie auf dem beprobten Medium

Nach Auswertung der Untersuchungen auf Bakterien mit selektiven Nährböden bestätigten sich die Ergebnisse der Untersuchung auf die Gesamtkeimzahl mit den nicht selektiven Nährböden. Nach dem Trocknen der Hände mit Papierhandtüchern werden weniger Bakterien nachgewiesen als vor dem Waschen. Nach dem Trocknen der Hände mit dem Dyson Airblade<sup>TM</sup> Händetrockner befinden sich nach dem Trocknen mehr Bakterien auf den Händen als vor dem Waschen.

Beim Trocknen mit dem Dyson Airblade<sup>TM</sup> Händetrockner reichern sich die spezifischen Bakterien an. Beträgt die Zunahme bei den Gesamtkeimzahlen auf nicht selektiven Nährböden nur 7 %, steigert sich die Zunahme der spezifischen Bakterien bei Einsatz von selektiven Nährböden deutlich auf 17 bzw. 15 %.

## **4.2 Umgebungsuntersuchungen**

Bei Nutzung des Dyson Airblade<sup>™</sup> Händetrockners werden beim Trocknungsvorgang bedingt durch einen immensen Luftstrom Wassertropfen von den tropfnassen Händen in die Umgebung geblasen. Bei häufiger Benutzung führt dies zu sichtbaren Wasserlachen im Umfeld der Geräte.

Unsere Untersuchungen im Jahre 2005 ergaben, dass nach dem Waschen auf den noch nassen Händen eine vergleichsweise hohe Keimbelastung vorliegt. Da es aus hygienischer Sicht bedenklich ist, wenn dieses belastete Wasser mit dem Luftstrom des Gerätes in die Umgebung geblasen wird, waren mikrobiologische Untersuchungen angezeigt, die beim Betrieb der Dyson Airblade<sup>™</sup> Händetrockner vorliegenden Keimbelastungen sowohl in der Umgebungsluft als auch auf den Oberflächen der Geräte und deren Umfeld zu ermitteln.

Dazu wurden Umgebungsuntersuchungen in Form von Raumlufuntersuchungen zum einem in einem klimatisierten Waschraum vor einer stark frequentierten Toilettenanlage, in dem zwei Dyson Airblade<sup>™</sup> Händetrockner seit 3 Monaten in Betrieb waren, und zum anderen in einem separat eingerichteten Untersuchungsraum mit Fensterlüftung, begleitend zu dem Praxistest der Handtrocknungsversuchsreihen vorgenommen.

Außerdem wurden die Oberflächen der Papierspender und Handtrocknungsgeräte im Untersuchungsraum auf Verunreinigungen vor Beginn und nach Beendigung der Versuchsreihen getestet und anhand eines Hygienestandards beurteilt.

Zusätzlich wurde mit einem Dyson Airblade<sup>™</sup> Händetrockner, der seit 3 Monaten in dem stark frequentierten Waschraum in Betrieb war, eine Handtrocknung durch Einführung von Nährböden in ein Gerät simuliert.

### **4.2.1 Mikrobiologische Luftuntersuchung**

#### **4.2.1.1 Durchführung**

Die durchgeführten Luftkeimzahlmessungen wurden wie im Schimmelpilzleitfaden (3) sowie in der VDI 4300-10 (6) beschrieben durchgeführt. Mit dieser Methode kann die Anzahl der vitalen, d. h. der keimungsfähigen Sporen und Bakterien bestimmt werden. Es handelt sich dabei um eine semi-quantitative Methode zur Bestimmung der Keimkonzentrationen in der Luft.

Zur Feststellung der Bakterienkonzentration in der Raum- bzw. Außenluft wurde die Konzentrationsbestimmung jeweils getrennt durchgeführt. Als Nährböden für die quantitative Erfassung der Bakterien in der Raum- und Außenluft wurde jeweils Caso-Agar verwendet. Es wurde jeweils ein Luftvolumen (100 bis 333 l) angesaugt. Die beaufschlagten Nährböden wurden vor Ort wieder in die Aufbewahrungsbehälter verpackt,

mit Tesafilm luftdicht verklebt und ohne Kühlung bei Umgebungstemperatur in einer isolierten Kühlbox bis zur weiteren Verarbeitung im Labor aufbewahrt.

Die Nährböden zum Anzüchten der Bakterien wurden anschließend bei  $30 \pm 1$  °C für 2 Tage inkubiert. Die gewachsenen Kolonien auf den Nährböden wurden täglich beobachtet und deren Anzahl am letzten Bebrütungstag ausgezählt. Die Ergebnisse sind als Kolonie bildende Einheiten pro Kubikmeter Raumluft (KBE/m<sup>3</sup>) angegeben.

#### 4.2.1.2 Ergebnisse

##### a.) Untersuchungsraum

Die Raumluftmessungen wurden in der Mitte des Raumes in 1,5 m Raumhöhe durchgeführt. In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen von Raum- und Referenzluft auf Bakterien in KBE/m<sup>3</sup> angegeben.

Tabelle 4: Ergebnisse der mikrobiologischen Luftuntersuchungen im Untersuchungsraum

| Probenahmestelle  | Bakterien<br>[KBE/m <sup>3</sup> ] <sup>***</sup> |
|---|---|
| Vor Beginn der Testreihe<br>(Dyson Airblade <u>nicht</u> in Betrieb)      | 250   |
| Nach Beendigung der Testreihe<br>(Dyson Airblade <u>nicht</u> in Betrieb) | 520   |
| Referenzluft **   | 243   |

\* Dyson Airblade<sup>™</sup> Händetrockner

\*\* Als Referenzluft wurde die Außenluft überprüft.

\*\*\* 1 KBE/m<sup>3</sup> = 1 Kolonie bildende Einheit je m<sup>3</sup> entspricht 1 Bakterie je m<sup>3</sup> Raumluft

Nach Beendigung der Testreihe mit 25 Benutzungen eines neuen Dyson Airblade<sup>™</sup> Händetrockners ist der Bakteriengehalt in der Raumluft des Untersuchungsraums von 250 auf 520 KBE/m<sup>3</sup> gestiegen und hat sich somit mehr als verdoppelt.

**b.) Waschraum**

Die Raumluftmessungen wurden in 1,5 m Raumhöhe durchgeführt. In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen von Raum- und Referenzluft auf Bakterien in KBE/m<sup>3</sup> angegeben.

Tabelle 5: Ergebnisse der mikrobiologischen Luftuntersuchungen im und vor dem Waschraum

| Probenahmestelle  | Bakterien<br>[KBE/m <sup>3</sup> ] <sup>***</sup> |
|---|---|
| Referenzluft **   | 246   |
| Im Waschraum Raummitte<br>(Dyson Airblade <sup>*</sup> nicht in Betrieb)                  | 450   |
| Im Waschraum über Dyson Airblade <sup>*</sup><br>(Dyson Airblade <sup>*</sup> in Betrieb) | 1.000   |

\* Dyson Airblade<sup>TM</sup> Händetrockner

\*\* Die Räume in diesem Teil des Gebäudes inklusive Waschraum sind alle klimatisiert. Um einen Vergleich „Normale Raumluft“ zu Waschaumluf zu erhalten, wurde als Referenz hier anstelle der Außenluft die Luft vor dem Waschraum gemessen.

\*\*\* 1 KBE/m<sup>3</sup> = 1 Kolonie bildende Einheit je m<sup>3</sup> entspricht 1 Bakterie je m<sup>3</sup> Raumluft

Im Waschraum war die Belastung der Luft mit Bakterien ohne Betrieb des Dyson Airblade<sup>TM</sup> Händetrockners erhöht, jedoch in einem für einen häufig frequentierten Sanitärraum unauffälligen Bereich. Mit Betrieb des Dyson Airblade<sup>TM</sup> Händetrockners stieg die Belastung der Luft über dem Gerät auf über das Doppelte an.

#### 4.2.1.3 Erörterung und Bewertung

In Abhängigkeit vom Standort, der Jahreszeit und dem Tagesklima liegt die Konzentration von Bakterien und Schimmelpilzen in der Außenluft nach Angaben von Tesseroux et al. (2004) (1) bzw. Herr et al. (1999) (7), zumeist zwischen 100 und 1.000 KBE/m<sup>3</sup>, kann aber bei anhaltend feucht-warmer Witterung auch höher ausfallen.

Die Bakterienkonzentration in der Außenluft wird üblicherweise gemessen, um sie mit dem Bakteriengehalt der Innenraumluft zu vergleichen und diese zu beurteilen. Die Außenluftbelastung lag mit 243 Bakterien/m<sup>3</sup> in einem unteren bis mittleren Erwartungsbereich.

Die Bakterienkonzentration in der Raumluft im Untersuchungsraum lag vor Beginn der Durchführung des Praxistest bei 250 Bakterien/m<sup>3</sup> und war vergleichbar mit der Konzentration in der Außenluft (243 KBE/m<sup>3</sup>). Nach Benutzung des Dyson Airblade™ Händetrockners durch 25 Testpersonen lag die Konzentration bei 520 Bakterien/m<sup>3</sup> und war damit höher als am Anfang des Praxistests. Absolut gesehen ist ein Wert von 520 Bakterien/m<sup>3</sup> aber nicht als gesundheitlich bedenklich einzustufen.

Daraufhin wurden Raumluftuntersuchungen in einem stark frequentierten Waschraum vorgenommen. Bei diesem Raum handelte es sich um einen klimatisierten Raum. Um auch für diesen Raum einen Referenzwert in der Umgebungsluft zu erhalten, wurde die Bakterienkonzentration vor dem Waschraum in 1,5 m Höhe ermittelt. Es wurde eine Bakterienbelastung von 246 KBE/m<sup>3</sup> Raumluft gemessen. Die Messung ohne Betrieb des Dyson Airblade™ Händetrockners wurde in der Mitte des Waschraums in 1,5 m Höhe durchgeführt. Bei dieser Messung wurde eine Raumluftbelastung in Höhe von 450 Bakterien/m<sup>3</sup> ermittelt. Die Messung bei laufendem Dyson Airblade™ Händetrockner wurde in 1,5 m Höhe über Boden, also in Mund-/Nasenhöhe, über dem Gerät durchgeführt. Die dabei ermittelte Konzentration betrug 1.000 KBE/m<sup>3</sup> und war damit viermal so hoch als die vor dem Waschraum. Diese Bakterienkonzentration liegt im hohen Bereich und kann daher als auffällig beschrieben werden.

Es bestehen keinerlei gesetzlich definierte Grenzwerte für Bakterienkonzentrationen in Gebäuden. Die Arbeitsstättenverordnung (5) und die Arbeitsstätten-Richtlinie (4) verlangen, dass die Qualität der Raumluft in umschlossenen Arbeitsräumen nicht schlechter als diejenige der Außenluftqualität beschaffen sein darf. Diese Anforderung wurde sowohl im stark frequentierten Waschraum wie auch im Untersuchungsraum bei unseren Tests nicht erfüllt.

Die Ergebnisse zeigen sowohl bei den Untersuchungen im Untersuchungsraum wie auch bei denen im stark frequentierten Waschraum, dass sich die Bakterienkonzentration mit Nutzung des Dyson Airblade™ Händetrockner in etwa verdoppelt. Dies führt zu der Befürchtung, dass bei höheren und durchaus üblichen Ausgangskeimbelastungen

in Sanitärbereichen bei Nutzung des Dyson Airblade™ Händetrockners Belastungen entstehen, bei denen eine Gesundheitsgefährdung gegeben ist.

## 4.2.2 Oberflächenuntersuchung

### 4.2.2.1 Abklatschproben

Bei mikrobiologischen Untersuchungen werden semiquantitative Methoden, z. B. Abklatschproben bzw. Abklatschnährböden, zur Bestimmung des Oberflächenkeimgehaltes angewendet. Für Abklatschproben gibt es in der Bundesrepublik Deutschland gegenwärtig noch keinen allgemein anerkannten Beurteilungsstandard. Gängige Praxis für die Bewertung der Kontamination auf Oberflächen in Lüftungsanlagen ist die Anwendung des Bewertungsschemas in der VDI Richtlinie 6022 Blatt 2 (7); siehe dort Tabelle 3. In dieser Richtlinie wird eine bakterielle Besiedlung von mehr als 100 KBE pro Abklatschprobe als Indiz für eine bakterielle Kontamination gewertet.

Tabelle 6: Beurteilung von Oberflächenkeimgehalten in Anlehnung an die VDI 6022 Blatt 2

| Ergebnis<br>[KBE/25 cm <sup>2</sup> ]* | Bewertung und Maßnahmen  |
|--|--|
| ≤ 25                                   | Der hygienisch-mikrobiologische Zustand der untersuchten Fläche(n) ist als <i>nicht kontaminiert</i> zu bewerten (Hintergrundbelastung). |
| 26 bis 100                             | Der hygienisch-mikrobiologische Zustand der untersuchten Fläche(n) ist als <i>grenzwertig</i> einzuschätzen.                             |
| > 100                                  | Der hygienisch-mikrobiologische Zustand der untersuchten Fläche(n) ist als <i>stark kontaminiert</i> zu bewerten.                        |

\* 1 KBE/25 cm<sup>2</sup> = 1 Kolonie bildende Einheit je 25 m<sup>2</sup> entspricht 1 Bakterie je 25 cm<sup>2</sup> beprobter Oberfläche

Zur Überprüfung der Oberflächenkontaminationen im Untersuchungsraum und im Waschraum wurden Abklatschproben vor Ort für 5 Sekunden in Kontakt mit den zu untersuchenden Oberflächen gebracht. Die CASO-Nährböden zum Anzüchten von Bakterien wurden für 3 Tage bei 30 °C bebrütet. Anschließend wurden die gewachsenen Kolonien ausgezählt. Die Ergebnisse sind als koloniebildende Einheiten pro 25 cm<sup>2</sup> (=Oberfläche der Abklatschproben) in [KBE/25 cm<sup>2</sup>] angegeben. Die Probenahme wurde nach der internen Vorschrift QMA 2.515.107 dokumentiert.

**a.) Untersuchungsraum Praxistest**

Tabelle 7: Ergebnisse der Abklatschproben Untersuchungsraum Praxistest

|                               | Probenahmestelle                           | Bakterien<br>[KBE/25 cm <sup>2</sup> ] <sup>**,***</sup> | Beurteilung der<br>Kontamination<br>mit Bakterien |
|-------------------------------|--|--|---|
| Vor Beginn der Testreihe      | Papiertuchhalter, außen                    | 13   | geringer mikrobieller Befall                      |
|                               | Papierrollenhalter, außen                  | 20   | geringer mikrobieller Befall                      |
|                               | Dyson Airblade <sup>*</sup> , außen        | 4  | geringer mikrobieller Befall                      |
|                               | Dyson Airblade <sup>*</sup> , innen        | 12   | geringer mikrobieller Befall                      |
| Nach Beendigung der Testreihe | Papiertuchhalter, außen                    | 16   | geringer mikrobieller Befall                      |
|                               | Papierrollenhalter, außen                  | 18   | geringer mikrobieller Befall                      |
|                               | Dyson Airblade <sup>*</sup> , außen        | 22   | geringer mikrobieller Befall                      |
|                               | Dyson Airblade <sup>*</sup> , innen, oben  | 45   | mäßiger mikrobieller Befall                       |
|                               | Dyson Airblade <sup>*</sup> , innen, unten | <b>110</b>   | <b>starker mikrobieller Befall</b>                |

\* Dyson Airblade<sup>TM</sup> Händetrockner

\*\* 1 KBE/25 cm<sup>2</sup> = 1 Kolonie bildende Einheit je 25 m<sup>2</sup> entspricht 1 Bakterie je 25 cm<sup>2</sup> beprobter Oberfläche

\*\*\* Bei den Angaben sind Mittelwerte angegeben.

Für die Untersuchung der Oberflächenkontamination wurden im Untersuchungsraum fabrikneue Geräte bzw. Papierspender eingesetzt. Diese waren zu Beginn unserer Testreihen in einwandfreiem hygienischem Zustand. Lediglich die übliche Hintergrundkontamination konnte nachgewiesen werden.

Nach der Benutzung durch 45 Probanden waren die Papierspender wie zuvor in einem einwandfreien hygienischen Zustand. Ein anderes Ergebnis erhielten wir bei der Beprobung des Dyson Airblade<sup>TM</sup> Händetrockners. Hier lag nach der Benutzung durch 45 Probanden im Inneren des Gerätes, also in dem Bereich, in dem sich die Hände während des Trocknungsvorganges befinden, eine mäßige bis starke Kontamination vor.



16.12.2011

TÜV-Auftrags-Nr.: 3026520

Seite 24 von 41

Der Innenraum des Dyson Airblade™ Händetrockners wird im Folgenden als Handtrocknungsraum bezeichnet.

### b.) Waschraum

In einem stark frequentierten Waschraum waren zwei Dyson Airblade™ Händetrockner seit 3 Monaten in Betrieb. Von den Oberflächen der Geräte wurden Abklatschproben entnommen.

Tabelle 8: Ergebnisse der Abklatschproben im Waschraum

| Probenahmestelle                               | Bakterien<br>[KBE/25 cm <sup>2</sup> ] <sup>**</sup> , <sup>***</sup> | Beurteilung der<br>Kontamination mit Bakterien |
|--|---|--|
| Dyson Airblade <sup>*</sup> ,<br>Gehäuse außen | N.v.b. <sup>****</sup>  | <b>starker mikrobieller Befall</b>             |
| Dyson Airblade <sup>*</sup> ,<br>innen oben    | N.v.b. <sup>****</sup>  | <b>starker mikrobieller Befall</b>             |
| Dyson Airblade <sup>*</sup> ,<br>innen unten   | N.v.b. <sup>****</sup>  | <b>starker mikrobieller Befall</b>             |

\* Dyson Airblade™ Händetrockner

\*\* 1 KBE/25 cm<sup>2</sup> = 1 Kolonie bildende Einheit je 25 m<sup>2</sup> entspricht 1 Bakterie je 25 cm<sup>2</sup> beprobter Oberfläche

\*\*\* Bei den Angaben sind Mittelwerte angegeben.

\*\*\*\*N.v.b. = Nährböden vollständig bewachsen (> 200 KBE)

Die Oberflächen der im Gebrauch befindlichen Geräte waren in einem kritischen hygienischen Zustand. Hier lag an allen untersuchten Stellen eine starker mikrobieller Befall und somit eine starke mikrobielle Kontamination vor.

#### 4.2.2.2 Tupferproben

Bei den vorgehenden Untersuchungen im Waschraum waren die Nährböden vollständig bewachsen und somit die oberen Bestimmungsgrenzen bei der Untersuchung von Abklatschproben überschritten. Um die Höhe der Kontamination der Dyson Airblade™ Händetrockner im Waschraum genauer quantifizieren und einstufen zu können, wurde eine weitere Methode eingesetzt. Es wurde eine Probenahme mit Hilfe von Tupfern vorgenommen.

Vor der Beprobung wurden sterile Tupfer mit sterilem Peptonwasser (s. 4.1.2.2) angefeuchtet. Die Beprobung erfolgte jeweils durch einmaliges horizontales Überstreifen einer 1 cm<sup>2</sup> großen Fläche (0,4 cm x 2,5 cm) mit dem angefeuchteten Tupfer. Die so

16.12.2011

TÜV-Auftrags-Nr.: 3026520

Seite 25 von 41

beaufschlagten Tupfer wurden in sterilen Behältern verschlossen, direkt ins Labor gebracht und dort weiter bearbeitet.

Jeder Tupfer wurde in 1 ml sterilem Peptonwasser (s. 4.1.2.2) gegeben, mechanisch extrahiert (gevortext) und das Eluat in Stufen verdünnt. 1 ml der jeweiligen Verdünnungsstufen wurde auf Nährböden (Nutrientagar) ausplattiert und 2 Tage bei 36 °C bebrütet. Anschließend wurde die Anzahl der gewachsenen Bakterienkolonien gezählt. Die Probenahme erfolgte an verschiedenen Tageszeiten bei nicht laufendem Gerät.

Tabelle 9: Ergebnisse der Tupferproben

| Probenahmestelle   | Bakterien<br>[KBE/1 cm <sup>2</sup> ]** | Beurteilung der<br>Kontamination mit Bakterien |
|--|---|--|
| Dyson Airblade <sup>*</sup> ,<br>Handtrocknungsraum unten    | 600 – 6.000                             | <b>starker mikrobieller Befall</b>             |
| Boden mit Wassertropfen<br>unter Dyson Airblade <sup>*</sup> | 6.000- 60.000                           | <b>starker mikrobieller Befall</b>             |
| Kontrollen***  | 0                                       | <b>Nicht kontaminiert</b>                      |

\* Dyson Airblade<sup>TM</sup> Händetrockner

\*\* 1 KBE/1 cm<sup>2</sup> = 1 Kolonie bildende Einheit je m<sup>2</sup> entspricht 1 Bakterie je cm<sup>2</sup> beprobter Oberfläche

\*\*\* Zur Absicherung der Ergebnisse wurden parallel zu der Beprobung sterile Tupfer und Peptonwasser als Kontrollen auf deren Kontamination untersucht.

Mit dieser Methode konnten wir im unteren Handtrocknungsraum des Gerätes 600 bis 6.000 Bakterien pro cm<sup>2</sup> nachweisen. Eine noch höhere Belastung wurde im Wasser, das aus dem Handtrocknungsraum des Dyson Airblade<sup>TM</sup> Händetrockners auf dem Boden getropft war, gemessen. Hier waren die Oberflächenbelastungen mit Bakterien um den Faktor 10 höher und lagen bei 6.000 bis 60.000 Bakterien pro cm<sup>2</sup>.

Rechnet man diese Werte auf die Fläche einer Abklatschprobe (25 cm<sup>2</sup>) um, so ergeben sich Konzentrationen von 15.000 bis 150.000 KBE/25 cm<sup>2</sup> in dem Handtrocknungsraum und 150.000 bis 1.500.000 KBE/25 cm<sup>2</sup> in dem Wasser auf dem Boden im nahen Umfeld des Gerätes.

Das Spektrum der Bakterien reichte von normalen Umweltkeimen bis zu den fakultativ pathogenen Bakterien wie Staphylococcus, Pseudomonas, Escherichia coli, Klebsiellen, Enterobacter und Bacillus Spezies.

Bakterien können so aus dem Handtrocknungsraum des Dyson Airblade<sup>TM</sup> Händetrockners beim Trocknungsvorgang durch unabsichtliche Berührung oder durch den Hochgeschwindigkeitsluftstrom auf die Hände gelangen. Die dadurch entstandene Kontamination kann bei Kontakt auf andere Menschen übertragen werden. Ebenfalls

können Bakterien durch den Hochgeschwindigkeitsluftstrom auf Kleidung, in den Mund und in die Atemwege des Nutzers gelangen und gegebenenfalls Krankheiten verursachen. In besonderen Fällen können die Bakterien dann von Mensch zu Mensch weiter gegeben werden und somit zu einer Ausbreitung von Krankheiten beitragen.

#### 4.2.2.3 Simulation der Handtrocknung

Um zu ermitteln, was beim Trocknen im Luftstrom beim Dyson Airblade™ Händetrockner aus hygienischer Sicht auf den Handoberflächen passiert, wurden anstatt der Hände offene Nährbodenplatten (drei unterschiedliche) senkrecht in den Trocknungsraum gehalten. Diese Untersuchungen wurden in einem stark frequentierten Waschraum mit Dyson Airblade™ Händetrocknern durchgeführt, die seit 3 Monaten in Betrieb waren.

Die Nährbodenplatten wurden in den Handtrocknungsraum des Dyson Airblade™ Händetrockners eingeführt und nach 10 Sekunden Betriebszeit herausgenommen, verschlossen und im Labor bebrütet.

Nach dieser simulierten Handtrocknung wurden durchschnittlich 87 Bakterien auf einer Platte von 64 cm<sup>2</sup> nachgewiesen. Da diese Fläche ungefähr einem Viertel einer Handoberfläche entspricht, ergibt sich, dass bei einer Trocknung mit dem Luftstrom ca. 700 Bakterien auf beide Hände geschleudert werden. Dies sind fremde Bakterien, die zusätzlich zu den eigenen auf der Haut befindlichen Bakterien durch den Luftstrom aufgebracht werden.

Die in den Dyson Airblade™ Händetrockner einströmende Luft wird über einen Hepa-Filter gereinigt und sollte somit frei von Keimen sein. Aus unseren Untersuchungsergebnissen lässt sich schließen, dass der Luftstrom bereits im Handtrocknungsraum wieder mit Keimen belastet ist. Ein Grund dafür kann sein, dass bei stark frequentierten Dyson Airblade™ Händetrocknern das Wasser von den nassen Händen in den Handtrocknungsraum tropft. Dieses Wasser enthält Bakterien, die sich in dem Handtrocknungsraum weiter vermehren und die von der durchströmenden Luft aufgenommen werden können. Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass bei Dyson Airblade™ Händetrocknern die mittels Hepa-Filters gereinigte Luft auf der Strecke vom Hepa-Filter bis zur Handoberfläche mit Keimen verunreinigt wird.

Bei der Untersuchung der detektierten Bakterien konnten wir neben den üblichen Hautbakterien auch potenziell pathogene also krankheitserregende Bakterien wie Staphylococcus, Pseudomonas, Escherichia coli, Klebsiellen, Enterobacter und Bacillus spezien identifizieren. Als typische Quellen dieser Bakterien werden Haut, Darm, Fäkalien, Böden oder Waschräumumgebungen angegeben. Vergleicht man das Spektrum der identifizierten Bakterien des Dyson Airblade™ Händetrockner mit dem der Warmlufttrockner (TÜV Rheinland Studie 2005), so ergeben sich große Ähnlichkeiten.

### 4.3 Zusammenfassende Bewertung der Ergebnisse der Hygieneuntersuchung

Durch das Waschen der Hände sollen die hautfremden Keime reduziert und damit die Aufnahme von krankmachenden Keimen über die Hände in den Körper und die Weitergabe dieser Keime an andere Personen verhindert werden.

In der TÜV Rheinland Studie 2005 haben wir nachgewiesen, dass Bakterien auf den Händen nach dem Abtrocknen mit Papier um 24 %, mit Stoff um 4 % abnehmen und bei der Trocknung mit Heißluft um 117 % zunehmen.

Bei der vorliegenden Untersuchung konnten wir bei Verwendung von Papiertüchern eine Reduktion der Gesamtkeimzahlen auf der Hand von durchschnittlich 24 % und bei der Handtrocknung mit Dyson Airblade™ Händetrocknern eine Steigerung von 7 % nachweisen.

Zur Beurteilung von spezifischen Bakterien haben wir Selektivmedien eingesetzt. Mit Hilfe des Selektivmediums CLED-Nähragar werden fakultativ pathogene Bakterien wie Enterokokken, Staphylokokken, Escherichia coli und Coliforme Bakterien isoliert. Als Ergebnis konnten wir bei der Handtrocknung mit Papier eine Abnahme der spezifischen Bakterien nach dem Waschen und Trocknen von 13 % feststellen. Bei dem Gebrauch des Lufttrockners Dyson Airblade™ Händetrockners jedoch war nach dem Waschen und Trocknen der Gehalt an spezifischen Bakterien auf den Händen um 15 % gestiegen.

Als ein weiteres Selektivmedium wurde Mannitol-Salz-Agar eingesetzt, das zur Isolierung von Staphylokokken dient. Als Ergebnis erhielten wir hier nahezu identische Werte wie zuvor bei dem CLED-Nähragar: Bei der Trocknung mit Papier erfolgte eine Abnahme von 12 % und eine Zunahme der spezifischen Bakterien nach dem Trocknen mit Dyson Airblade™ Händetrockner um 17 %. In unserer Zusammenstellung haben wir eine Unterscheidung von koagulase positiven und negativen Staphylokokken, die eine verschiedene Pathogenität aufweisen, nicht vorgenommen, sondern die Gesamtanzahl der Staphylokokken angegeben.

Beim Trocknungsvorgang werden beim Dyson Airblade™ Händetrockner bedingt durch einen immensen Luftstrom Wassertropfen von den tropfnassen Händen in die Umgebung geblasen. Bei häufiger Benutzung führt dies unter anderem zu sichtbaren Wasserlachen im Umfeld der Geräte. Unsere Untersuchungen im Jahre 2005 ergaben, dass nach dem Waschen auf den noch nassen Händen eine vergleichsweise hohe Keimbelastung vorliegt. Da es aus hygienischer Sicht bedenklich ist, wenn dieses belastete Wasser mit dem immensen Luftstrom des Dyson Airblade™ Händetrockners in die Umgebung geblasen wird, hielten wir es für notwendig durch mikrobiologische Untersuchungen die Keimbelastung bei und nach Betrieb der Lufttrockner sowohl in der Umgebungsluft aber auch auf den Oberflächen der Geräte und deren Umfeld zu ermitteln.

16.12.2011

TÜV-Auftrags-Nr.: 3026520

Seite 28 von 41

Dazu wurden Raumlufuntersuchungen auf Bakterien im Waschraum einer stark frequentierten Toilettenanlage, in dem zwei Dyson Airblade™ Händetrockner seit 3 Monaten in Betrieb waren, durchgeführt. Diese Untersuchungen wurden zusätzlich in einem Untersuchungsraum mit Fensterlüftung, begleitend zu den Testreihen der Handtrocknungsversuchsreihen, vorgenommen. Dabei wurden die Raumlufmessungen auf Bakterien jeweils vor Beginn und am Ende einer Testreihe durchgeführt.

Die Raumlufuntersuchungen in dem stark frequentierten Waschraum wurden bei laufendem Dyson Airblade™ Händetrockner in 1,5 m Höhe über Boden, also in Mund-/Nasenhöhe durchgeführt. Die ermittelte Bakterienkonzentration in der Raumluf lag mit 1.000 KBE/m<sup>3</sup> im erhöhten Bereich. Die ermittelte Belastung war vier mal stärker als die Belastung vor dem Waschraum und doppelt so hoch wie die Belastung vor Inbetriebnahme des Dyson Airblade™ Händetrockners.

Auch die Raumlufuntersuchungen auf Bakterien im Untersuchungsraum zeigten, dass die Belastungen von einer anfänglichen Belastung, die mit 250 KBE/m<sup>3</sup> der Umweltbelastung entsprach, bei Betrieb des Dyson Airblade™ Händetrockner mit 520 KBE/m<sup>3</sup> auf einen deutlich höheren Wert anstieg.

Da die Untersuchungen der Raumluf im Untersuchungsraum sowie die im stark frequentierten Waschraum eine Verdopplung der Bakterienbelastung in der Raumluf ergab, ist diese Verdopplung der Bakterienbelastung auch in der Raumluf bei Betrieb der Dyson Airblade™ Händetrockner zu befürchten.

Des Weiteren wurden auch Oberflächen der Papierspender und Handtrocknungsgeräte auf Verunreinigungen vor Beginn und nach Beendigung der Versuchsreihen getestet und anhand eines Hygienestandards beurteilt.

Zu Beginn unserer Testreihen waren die Oberflächen der neuen Geräte in einwandfreien hygienischen Zustand. Nach der Benutzung (45 Probanden) waren die Papierspender wie zuvor in einem einwandfreien hygienischen Zustand, jedoch lag im Innenraum des Dyson Airblade™ Händetrockners, also in dem Bereich, in dem sich die Hände während des Trocknungsvorganges befinden, eine mäßige bis starke Kontamination mit Bakterien vor.

Noch stärker waren die Oberflächen des Dyson Airblade™ Händetrockners in einem stark frequentierten Waschraum mit Bakterien kontaminiert.

Durch abtropfendes Wasser von den gewaschenen Händen werden beim Dyson Airblade™ Händetrockner die Handtrocknungskammer und der Boden in der Umgebung der Geräte feucht. Dieses Wasser enthält Bakterien, die sich dann in der Handtrocknungskammer oder auf dem Boden weiter vermehren können. Die überprüften Oberflächen sind in einem Ausmaß belastet, dass z. B. über Hautkontakt mit diesen Flächen eine Kontaminationsgefahr besteht und eine Gesundheitsgefahr nicht ausgeschlossen werden kann.

16.12.2011

TÜV-Auftrags-Nr.: 3026520

Seite 29 von 41

Zusätzlich wurde mit einem Dyson Airblade™ Händetrockner, der seit 3 Monaten in einem Waschraum in Betrieb war, eine Handtrocknung mit Nährböden an einem Gerät simuliert, in dem statt der Hände offene Nährbodenplatten senkrecht in den Trocknungsraum des Gerätes gehalten wurden. Danach wurden die Nährböden bebrütet und die Anzahl KBE ermittelt. Bei Umrechnung der Keime, die auf den Nährbodenflächen festgestellt wurden, auf die durchschnittliche Fläche zweier Hände ergibt sich, dass bei einer Trocknung mit dem Luftstrom ca. 700 Bakterien, unter anderem auch fakultativ pathogene, auf beide Hände geschleudert werden. Diese Bakterien können sich mit dem Luftstrom verbreiten und auf Kleidung, in den Mund und in die Atemwege des Nutzers gelangen und Krankheiten verursachen.

Beim Waschen mit Seife werden Schmutz und Bakterien von der Hautoberfläche gelöst und beim Abtrocknen der Hände von den Papierhandtüchern aufgenommen und somit von der Hautoberfläche entfernt. Bei der Lufttrocknung hingegen ist die Aufnahme der Bakterien durch aufsaugendes Material nicht möglich.

Des Weiteren besteht ein Potenzial für Kreuzkontamination anderer Nutzer. Bakterien aus der Handtrocknungskammer des Dyson Airblade™ Händetrockners können durch einfache Berührung der Hände des Gerätes beim Trocknungsvorgang erworben und auf andere Menschen übertragen werden.

Dieser Verbreitungsweg von Bakterien ist bei der Nutzung von Papierhandtüchern nicht gegeben und somit ist die Handtrocknung mit Papiertüchern die hygienisch bessere Lösung.

## 5 WEITERE BETRACHTUNGEN ZUR HÄNDETROCKNUNG

Für die Bewertung des Zeitaufwandes haben wir Zeitmessungen bei 45 Probanden durchgeführt. Die Messungen ergaben, dass die durchschnittliche Dauer des Händewaschens 18 Sekunden betrug. Die anschließende Trocknung mit Papier nahm 15 Sekunden in Anspruch. Für die Trocknung mit dem Dyson Airblade™ Händetrockner musste demgegenüber mit durchschnittlich 20 Sekunden deutlich mehr Zeit aufgewendet werden.

Viele Studien von unabhängigen Instituten bestätigen die Unbedenklichkeit von Papier, da im Gegensatz zu Stoff die Papierqualität immer gleich bleibend ist und eine berührungslose Entnahme aus dem Papierspender möglich ist. So kommt der Benutzer nur ein einziges Mal mit dem Papier in Kontakt. Dadurch ist die hygienische Trennung zwischen frischen und gebrauchten Tüchern gegeben. Da die Papierhandtuchspender auf Einzelblattentnahme ausgelegt sind, kann es nicht vorkommen, dass ganze Packen Tücher entnommen werden.

Aus unseren Untersuchungen ergibt sich, dass, obwohl die in die Dyson Airblade™ Händetrockner einströmende Luft über einen Hepa-Filter gereinigt wird und somit frei von Keimen sein sollte, der Luftstrom bereits im Handtrocknungsraum wieder mit Keimen belastet ist. Ein Grund dafür kann sein, dass bei stark frequentierten Dyson Airblade™ Händetrocknern das von den nassen Händen abtropfende Wasser in den Handtrocknungsraum gelangen kann. Dieses Wasser enthält Bakterien, die sich in dem Handtrocknungsraum weiter vermehren können und die zu einer Belastung der durchströmenden Luft führen können. Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass bei Dyson Airblade™ Händetrocknern, die längerfristig in Gebrauch sind, die mittels Hepa-Filters gereinigte Luft bereits auf der Strecke vom Hepa-Filter bis zur Handoberfläche mit Keimen verunreinigt wird.



## 6 ZUSAMMENFASSUNG

Mit den durchgeführten Untersuchungen sollte der Dyson Airblade™ Händetrockner hinsichtlich Geräuscentwicklung und hygienischer Aspekte überprüft und bewertet werden.

Die ermittelte Geräuscentwicklung während des Betriebes ist lästig, aber für Erwachsene nicht gefährlich. Für eine Beurteilung für Kinder, die mit ihren Ohren meist in geringerem Abstand an dem Gerät sind als Erwachsene, wird in Ermangelung eines eigenständigen Regelwerkes hilfsweise auf Anforderungen in anderen Regelwerken hingewiesen: DIN EN 71-1 „Sicherheit von Spielzeug“. Darin ist angegeben: „Spielzeug, das einen Schallpegel mit hohem Impuls erzeugt, muss entweder auf dem Spielzeug oder auf der Verpackung folgenden Warnhinweis tragen:

**WARNUNG!** Nicht in Ohrnähe anwenden!  
Missbrauch kann zu Gehörschäden führen!“

Aus den vorhergehenden TÜV Rheinland Untersuchungen ist bekannt, dass durch das Trocknen der Hände mit Papierhandtüchern bessere hygienische Ergebnisse erzielt werden als beim Einsatz von Lufttrocknern. Dieses Ergebnis hat sich bei den vorliegenden Untersuchungen, also beim Einsatz des Dyson Airblade™ Händetrockners als Lufttrockner, bestätigt. Betrachtet man die bakterielle Belastung der Hände vor dem Waschen und nach dem Trocknen, erfolgte bei Benutzung der Papierhandtücher eine deutliche Reduzierung und beim Einsatz des Dyson Airblade™ Händetrockners eine Zunahme der Belastung.

Der Betrieb der Dyson Airblade™ Händetrockner führte zu einer Erhöhung der Bakterienbelastung in der Raumluft. Bei unseren Untersuchungen stieg die bakterielle Raumluftbelastung bei Nutzung des Dyson Airblade™ Händetrockners auf das Doppelte des Ausgangswertes. Bei unseren Untersuchungen, die in einem Waschraum mit einer erhöhten Ausgangsbelastung durchgeführt wurden, führte das beim Betrieb des Dyson Airblade™ Händetrockners zu Werten, die als auffällig zu bezeichnen sind. Bei weiter erhöhten Ausgangsbelastungen, die in Waschräumen durchaus vorkommen können, sind noch höhere Belastungen bei Betrieb der Geräte zu befürchten, bei denen dann eine Gesundheitsgefährdung gegeben ist.

Die ermittelten Oberflächenbelastungen mit Bakterien des Dyson Airblade™ Händetrockners in der Handtrocknungskammer des Gerätes, also in dem Bereich, in dem sich die Hände während des Trocknens befinden, sind so hoch, dass eine Gesundheitsgefahr nicht ausgeschlossen werden kann. Das gilt auch für die Oberflächen in der Umgebung der Dyson Airblade™ Händetrockner. Wasser, das beim Trocknen von den Händen in den Handtrocknungsraum tropft und von dort aus dem Gerät rinnt und auf dem Boden gelangt, weist sehr hohe Kontaminationen mit Bakterien, darunter auch solche die krankheitserregend sind, auf.



16.12.2011

TÜV-Auftrags-Nr.: 3026520

Seite 32 von 41

Selbst bei der Benutzung von neuen Dyson Airblade™ Händetrocknern ist die Keimbelastung auf den Händen bereits um 7% gestiegen. Daher ist davon auszugehen, dass bei Geräten, die schon länger in Betrieb sind, die Keimbelastung deutlich höher ausfallen dürfte.

Unsere Untersuchungen belegen, dass der Betrieb des Dyson Airblade™ Händetrockners mit folgenden Nachteilen verbunden ist:

#### **Geräuschaspekte**

- Hohe Geräuschbelastung bei Betrieb des Gerätes

#### **Hygieneaspekte**

- Hohe bakterielle Kontamination der Geräteoberflächen
- Hohe bakterielle Kontamination in der Umgebung der Geräte

Daraus resultiert:

Eine Gefahr der Übertragung von Bakterien bei Berührung (Kreuzkontamination) und eine Gefahr der Übertragung von Bakterien über die Luft bei der Nutzung.



Dipl.-Biologin Evelyn Schwarz  
Der Sachverständige



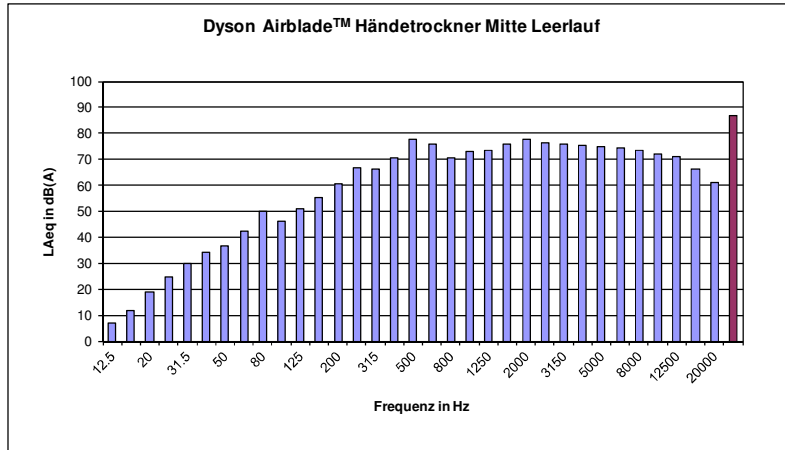
Dr. Walter Dormagen  
Der fachliche Verantwortliche

## 7 LITERATUR

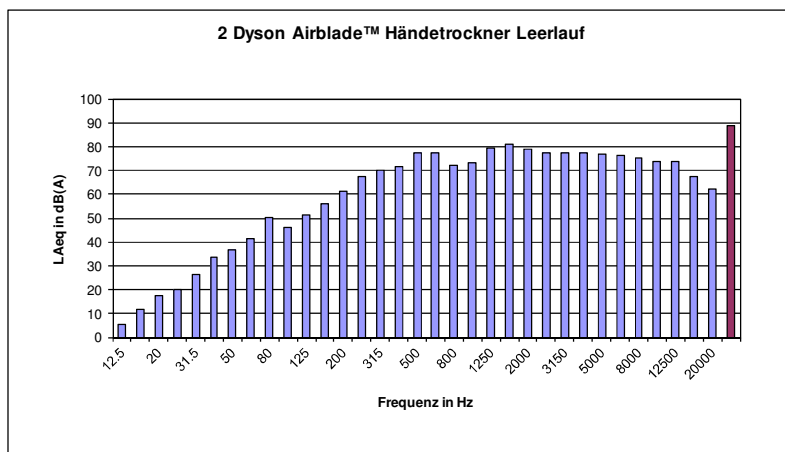
- (1) Tesseraux I, Dezenter S, Veith A, Creutzmacher H. Immissionsmessungen von Schimmelpilzen in der Außenluft nach VDI 4252 Blatt 2 und VDI 4253 Blatt 2 im jahreszeitlichen Vergleich. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 64 (Nr. 6): 300-305 (Juni 2004)
- (2) Herr C, Bittighofer PM, Bünger J, Eikmann T, Fischer AB, Grüner C, Idel H, zur Nieden A, Palmgren U, Seidel HJ. Wirkung von mikrobiellen Aerosolen auf den Menschen. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 59 (Nr. 6): 229-240 (Juni 1999)
- (3) Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen (Schimmelpilzleitfaden). Umweltbundesamt Berlin 2002
- (4) Arbeitsstätten-Richtlinie 5 „Lüftung“ (ASR5). B ArbBl. 10/1979 S. 103 vom 22. August 1979
- (5) Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) in der Fassung vom 14. April 2002; Paragraph 5 „Lüftung“
- (6) VDI 4300 Blatt 10: Messen von Innenraumluftverunreinigungen. Messstrategien bei der Untersuchung von Schimmelpilzen im Innenraum. Verein Deutscher Ingenieure (Juli 2008)
- (7) VDI-Richtlinie 6022, Blatt 1 Hygieneanforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte (April 2006)

## 8 ANHANG

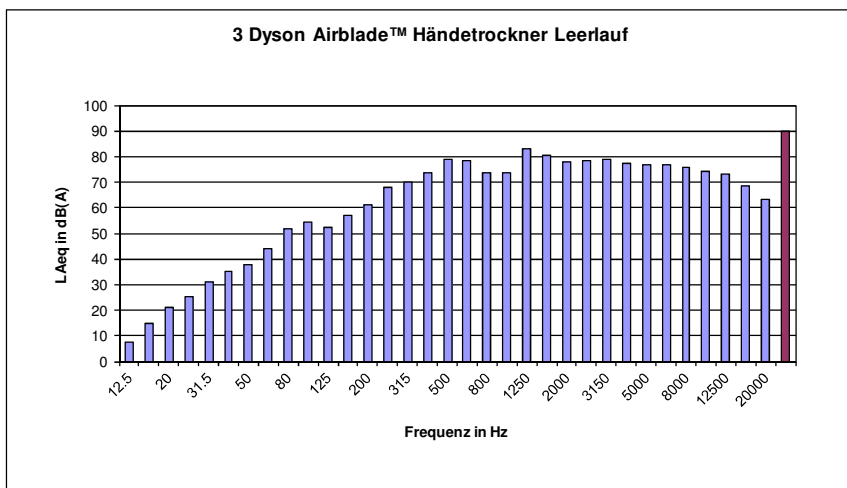
### Anhang 1: Geräuschmessungen Terzspektren Schallpegelmesser



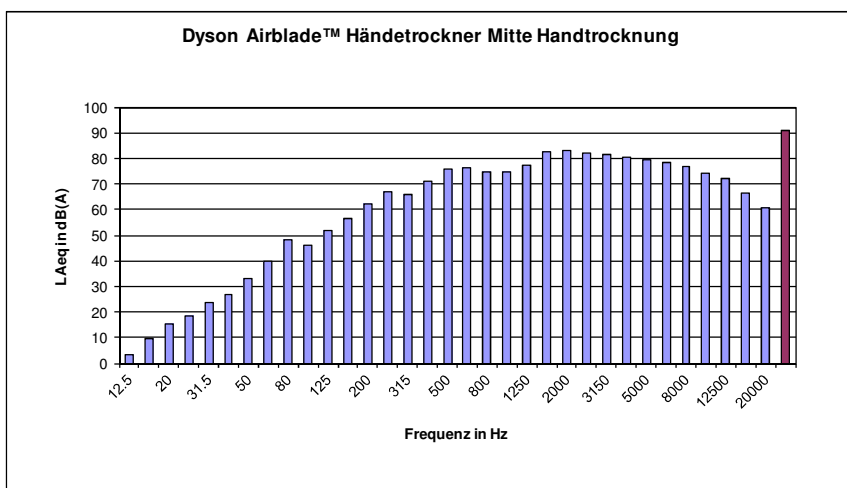
| Terzpegel                   |             |      |       |       |       |       |      |      |      |
|-----------------------------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Frequenz in Hz              | 12.5        | 16   | 20    | 25    | 31.5  | 40    | 50   | 63   | 80   |
| LAeq in dB(A)               | 7.1         | 11.8 | 18.8  | 24.8  | 29.8  | 34.3  | 36.5 | 42.3 | 49.8 |
| Frequenz in Hz              | 100         | 125  | 160   | 200   | 250   | 315   | 400  | 500  | 630  |
| LAeq in dB(A)               | 46.0        | 51.0 | 55.1  | 60.7  | 66.5  | 66.2  | 70.7 | 77.9 | 75.8 |
| Frequenz in Hz              | 800         | 1000 | 1250  | 1600  | 2000  | 2500  | 3150 | 4000 | 5000 |
| LAeq in dB(A)               | 70.8        | 72.9 | 73.5  | 75.7  | 77.6  | 76.2  | 75.9 | 75.5 | 74.8 |
| Frequenz in Hz              | 6300        | 8000 | 10000 | 12500 | 16000 | 20000 |      |      |      |
| LAeq in dB(A)               | 74.4        | 73.4 | 72.2  | 70.9  | 66.3  | 61.1  |      |      |      |
| <b>Gesamtpegel in dB(A)</b> | <b>87.0</b> |      |       |       |       |       |      |      |      |



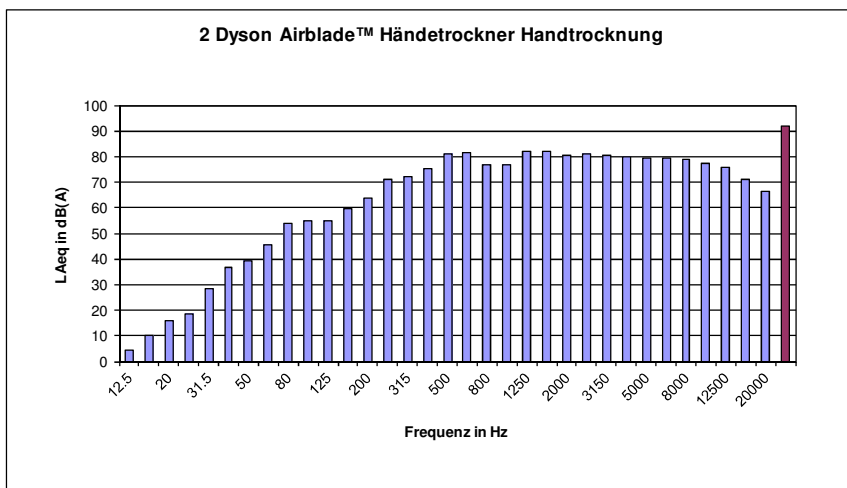
| Terzpegel                   |             |      |       |       |       |       |      |      |      |
|-----------------------------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Frequenz in Hz              | 12.5        | 16   | 20    | 25    | 31.5  | 40    | 50   | 63   | 80   |
| LAeq in dB(A)               | 5.7         | 11.8 | 17.5  | 20.0  | 26.1  | 33.6  | 36.5 | 41.5 | 50.2 |
| Frequenz in Hz              | 100         | 125  | 160   | 200   | 250   | 315   | 400  | 500  | 630  |
| LAeq in dB(A)               | 45.9        | 51.3 | 55.9  | 61.3  | 67.5  | 70.1  | 71.5 | 77.4 | 77.3 |
| Frequenz in Hz              | 800         | 1000 | 1250  | 1600  | 2000  | 2500  | 3150 | 4000 | 5000 |
| LAeq in dB(A)               | 72.1        | 73.3 | 79.5  | 80.7  | 78.7  | 77.3  | 77.1 | 77.5 | 76.6 |
| Frequenz in Hz              | 6300        | 8000 | 10000 | 12500 | 16000 | 20000 |      |      |      |
| LAeq in dB(A)               | 76.2        | 75.1 | 73.9  | 73.4  | 67.6  | 62.4  |      |      |      |
| <b>Gesamtpegel in dB(A)</b> | <b>89.0</b> |      |       |       |       |       |      |      |      |



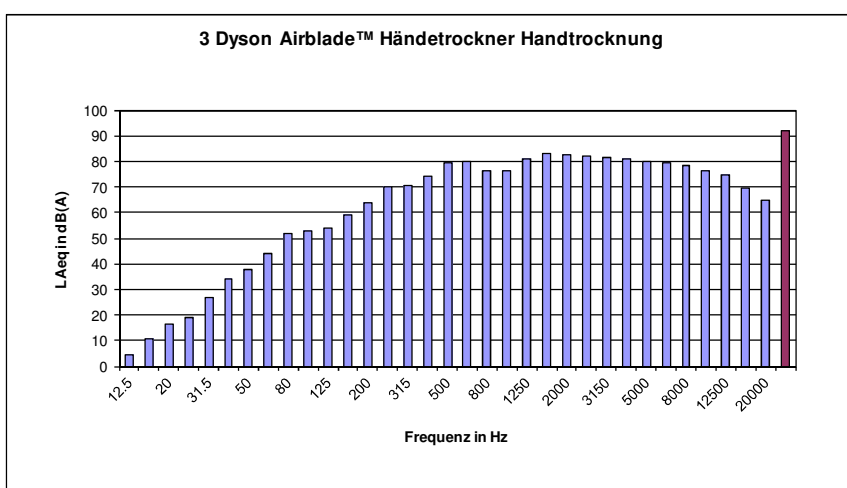
| Terzpegel                   |             |      |       |       |       |       |      |      |      |
|-----------------------------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Frequenz in Hz              | 12.5        | 16   | 20    | 25    | 31.5  | 40    | 50   | 63   | 80   |
| LAeq in dB(A)               | 7.5         | 14.9 | 21.0  | 25.2  | 31.1  | 35.2  | 37.5 | 44.2 | 52.0 |
| Frequenz in Hz              | 100         | 125  | 160   | 200   | 250   | 315   | 400  | 500  | 630  |
| LAeq in dB(A)               | 54.4        | 52.1 | 56.8  | 61.2  | 67.9  | 69.9  | 73.5 | 78.7 | 78.2 |
| Frequenz in Hz              | 800         | 1000 | 1250  | 1600  | 2000  | 2500  | 3150 | 4000 | 5000 |
| LAeq in dB(A)               | 73.7        | 73.6 | 83.0  | 80.7  | 78.0  | 78.4  | 78.9 | 77.4 | 76.8 |
| Frequenz in Hz              | 6300        | 8000 | 10000 | 12500 | 16000 | 20000 |      |      |      |
| LAeq in dB(A)               | 76.7        | 75.8 | 74.5  | 73.0  | 68.5  | 63.5  |      |      |      |
| <b>Gesamtpegel in dB(A)</b> | <b>90.0</b> |      |       |       |       |       |      |      |      |



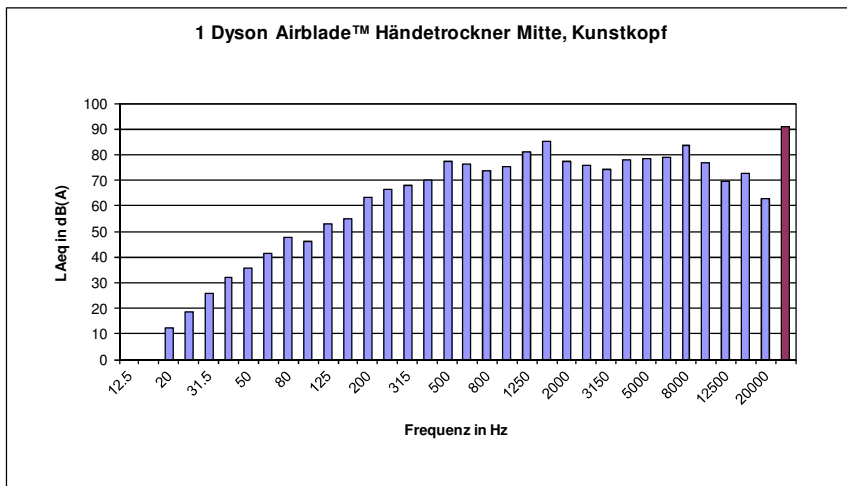
| Terzpegel                   |             |      |       |       |       |       |      |      |      |
|-----------------------------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Frequenz in Hz              | 12.5        | 16   | 20    | 25    | 31.5  | 40    | 50   | 63   | 80   |
| LAeq in dB(A)               | 3.5         | 9.8  | 15.5  | 18.7  | 23.8  | 27.1  | 33.3 | 40.1 | 48.2 |
| Frequenz in Hz              | 100         | 125  | 160   | 200   | 250   | 315   | 400  | 500  | 630  |
| LAeq in dB(A)               | 46.0        | 51.8 | 56.6  | 62.3  | 67.0  | 66.1  | 71.3 | 75.9 | 76.2 |
| Frequenz in Hz              | 800         | 1000 | 1250  | 1600  | 2000  | 2500  | 3150 | 4000 | 5000 |
| LAeq in dB(A)               | 74.5        | 74.7 | 77.3  | 82.4  | 82.9  | 82.1  | 81.6 | 80.6 | 79.6 |
| Frequenz in Hz              | 6300        | 8000 | 10000 | 12500 | 16000 | 20000 |      |      |      |
| LAeq in dB(A)               | 78.2        | 76.6 | 74.3  | 72.0  | 66.3  | 60.8  |      |      |      |
| <b>Gesamtpegel in dB(A)</b> | <b>91.0</b> |      |       |       |       |       |      |      |      |



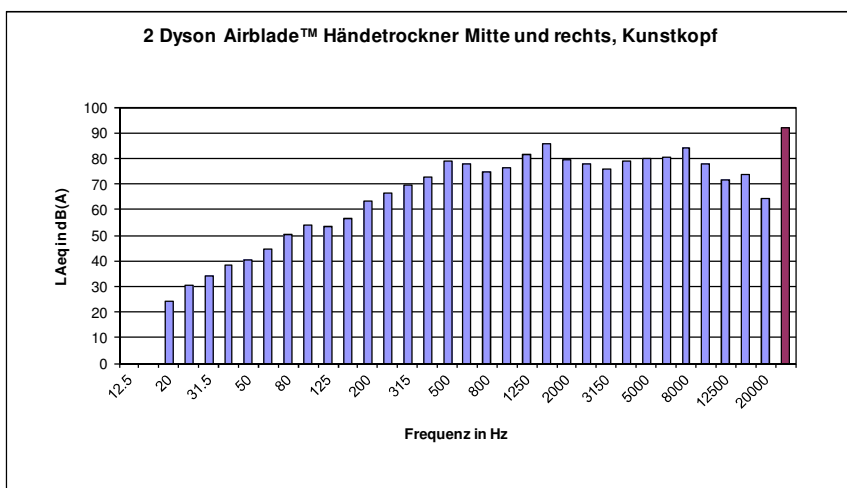
| Terzpegel                   |             |      |       |       |       |       |      |      |      |
|-----------------------------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Frequenz in Hz              | 12.5        | 16   | 20    | 25    | 31.5  | 40    | 50   | 63   | 80   |
| LAeq in dB(A)               | 4.3         | 10.1 | 16.0  | 18.4  | 28.5  | 36.5  | 39.6 | 45.7 | 53.7 |
| Frequenz in Hz              | 100         | 125  | 160   | 200   | 250   | 315   | 400  | 500  | 630  |
| LAeq in dB(A)               | 54.9        | 55.0 | 59.9  | 63.8  | 71.0  | 72.1  | 75.3 | 81.0 | 81.4 |
| Frequenz in Hz              | 800         | 1000 | 1250  | 1600  | 2000  | 2500  | 3150 | 4000 | 5000 |
| LAeq in dB(A)               | 76.9        | 77.0 | 82.2  | 82.3  | 80.6  | 81.1  | 80.5 | 80.1 | 79.5 |
| Frequenz in Hz              | 6300        | 8000 | 10000 | 12500 | 16000 | 20000 |      |      |      |
| LAeq in dB(A)               | 79.4        | 78.7 | 77.2  | 75.8  | 71.2  | 66.2  |      |      |      |
| <b>Gesamtpegel in dB(A)</b> | <b>92.0</b> |      |       |       |       |       |      |      |      |



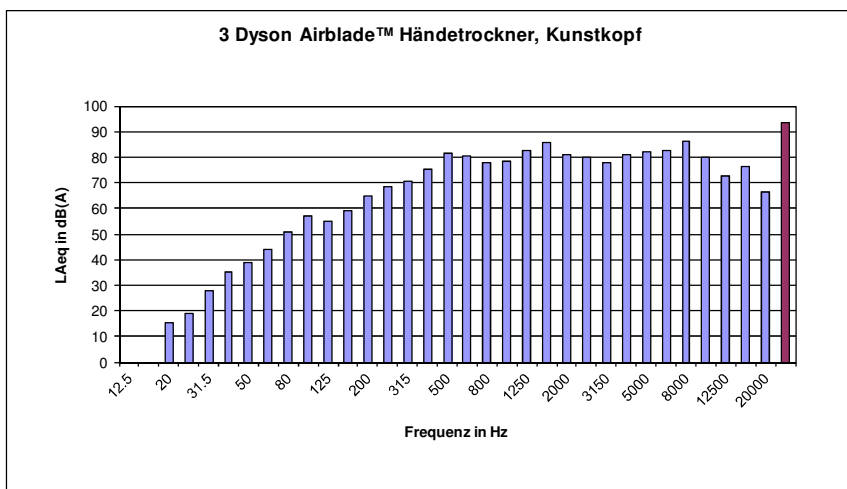
| Terzpegel                   |             |      |       |       |       |       |      |      |      |
|-----------------------------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Frequenz in Hz              | 12.5        | 16   | 20    | 25    | 31.5  | 40    | 50   | 63   | 80   |
| LAeq in dB(A)               | 4.4         | 10.4 | 16.3  | 19.1  | 27.1  | 34.1  | 37.8 | 44.0 | 52.1 |
| Frequenz in Hz              | 100         | 125  | 160   | 200   | 250   | 315   | 400  | 500  | 630  |
| LAeq in dB(A)               | 52.6        | 54.1 | 58.9  | 63.6  | 69.8  | 70.4  | 74.1 | 79.5 | 79.9 |
| Frequenz in Hz              | 800         | 1000 | 1250  | 1600  | 2000  | 2500  | 3150 | 4000 | 5000 |
| LAeq in dB(A)               | 76.3        | 76.4 | 80.8  | 82.8  | 82.5  | 82.2  | 81.6 | 80.9 | 80.1 |
| Frequenz in Hz              | 6300        | 8000 | 10000 | 12500 | 16000 | 20000 |      |      |      |
| LAeq in dB(A)               | 79.3        | 78.2 | 76.4  | 74.6  | 69.8  | 64.6  |      |      |      |
| <b>Gesamtpegel in dB(A)</b> | <b>92.0</b> |      |       |       |       |       |      |      |      |



| Terzpegel                   |             |       |       |       |       |       |      |      |      |
|-----------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Frequenz in Hz              | 12.5        | 16    | 20    | 25    | 31.5  | 40    | 50   | 63   | 80   |
| LAeq in dB(A)               | -63.6       | -56.4 | 12.2  | 18.6  | 25.9  | 31.8  | 35.9 | 41.3 | 47.7 |
| Frequenz in Hz              | 100         | 125   | 160   | 200   | 250   | 315   | 400  | 500  | 630  |
| LAeq in dB(A)               | 46.0        | 53.0  | 54.8  | 63.2  | 66.2  | 67.7  | 70.0 | 77.1 | 76.1 |
| Frequenz in Hz              | 800         | 1000  | 1250  | 1600  | 2000  | 2500  | 3150 | 4000 | 5000 |
| LAeq in dB(A)               | 73.7        | 75.5  | 80.8  | 85.4  | 77.6  | 76.0  | 74.0 | 77.6 | 78.3 |
| Frequenz in Hz              | 6300        | 8000  | 10000 | 12500 | 16000 | 20000 |      |      |      |
| LAeq in dB(A)               | 79.0        | 83.4  | 76.6  | 69.3  | 72.7  | 63.0  |      |      |      |
| <b>Gesamtpegel in dB(A)</b> | <b>91.0</b> |       |       |       |       |       |      |      |      |



| Terzpegel                   |             |       |       |       |       |       |      |      |      |
|-----------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Frequenz in Hz              | 12.5        | 16    | 20    | 25    | 31.5  | 40    | 50   | 63   | 80   |
| LAeq in dB(A)               | -63.6       | -56.4 | 24.4  | 30.3  | 34.1  | 38.4  | 40.5 | 44.7 | 50.4 |
| Frequenz in Hz              | 100         | 125   | 160   | 200   | 250   | 315   | 400  | 500  | 630  |
| LAeq in dB(A)               | 53.9        | 53.6  | 56.7  | 63.5  | 66.4  | 69.7  | 72.9 | 78.9 | 77.7 |
| Frequenz in Hz              | 800         | 1000  | 1250  | 1600  | 2000  | 2500  | 3150 | 4000 | 5000 |
| LAeq in dB(A)               | 74.9        | 76.5  | 81.5  | 85.4  | 79.5  | 77.9  | 75.6 | 79.1 | 79.8 |
| Frequenz in Hz              | 6300        | 8000  | 10000 | 12500 | 16000 | 20000 |      |      |      |
| LAeq in dB(A)               | 80.3        | 84.4  | 77.7  | 71.6  | 73.9  | 64.3  |      |      |      |
| <b>Gesamtpegel in dB(A)</b> | <b>92.0</b> |       |       |       |       |       |      |      |      |



| Terzpegel                   |             |       |       |       |       |       |      |      |      |
|-----------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Frequenz in Hz              | 12.5        | 16    | 20    | 25    | 31.5  | 40    | 50   | 63   | 80   |
| LAeq in dB(A)               | -63.6       | -56.4 | 15.3  | 19.2  | 27.7  | 35.4  | 38.6 | 44.0 | 50.8 |
| Frequenz in Hz              | 100         | 125   | 160   | 200   | 250   | 315   | 400  | 500  | 630  |
| LAeq in dB(A)               | 56.8        | 55.2  | 59.0  | 64.6  | 68.5  | 70.7  | 75.2 | 81.4 | 80.3 |
| Frequenz in Hz              | 800         | 1000  | 1250  | 1600  | 2000  | 2500  | 3150 | 4000 | 5000 |
| LAeq in dB(A)               | 78.0        | 78.6  | 82.5  | 85.6  | 81.1  | 80.1  | 77.8 | 80.8 | 82.0 |
| Frequenz in Hz              | 6300        | 8000  | 10000 | 12500 | 16000 | 20000 |      |      |      |
| LAeq in dB(A)               | 82.4        | 86.2  | 79.7  | 72.8  | 76.2  | 66.4  |      |      |      |
| <b>Gesamtpegel in dB(A)</b> | <b>93.6</b> |       |       |       |       |       |      |      |      |

**Anhang 2 Geräuschmessung Bilder**





16.12.2011

TÜV-Auftrags-Nr.: 3026520

Seite 40 von 41



