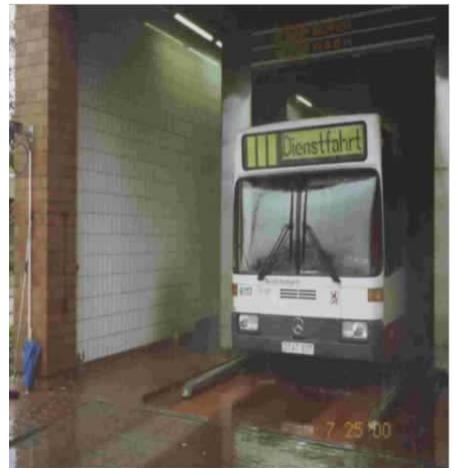


# **ERGEBNISBERICHT DER MIKROBIOLOGISCHEN UNTERSUCHUNGSREIHEN VON BETRIEBSWASSER IN FAHRZEUGWASCHANLAGEN**



**im Auftrag  
des Fachausschusses Maschinenbau Fertigungssysteme Stahlbau  
(FA MFS)  
Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft, Mainz  
Sachgebiet Biologische Arbeitsstoffe**

**Geschäftsstelle:  
Wilhelm-Theodor-Römheld-Straße 15  
55 130 Mainz**

**Mitglieder des Sachgebietes und Projektbeteiligte \*:**

(Projektbeteiligte sind mit einem \* gekennzeichnet.)

**Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft (Federführung) \***

**Verwaltungsgemeinschaft der Maschinenbau- und Metall-Berufsgenossenschaft  
und der Hütten- und Walzwerks-Berufsgenossenschaft \***

**Norddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft**

**Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik**

**Papiermacher-Berufsgenossenschaft**

**Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten**

**Berufsgenossenschaft für den Einzelhandel \***

**Berufsgenossenschaft der Straßen-, U-Bahnen und Eisenbahnen \***

**Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen \***

**Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften \***

- **Berufsgenossenschaftliche Zentrale für Sicherheit und Gesundheit**

- **Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz**

**Landesanstalt für Arbeitsschutz des Landes Nordrhein-Westfalen \***

**Labor für Arbeits- und Umwelthygiene, Hannover \***

**Erschienen: Juli 2003**

aktualisierte Fassung des Layouts vom 23.07.2003

# Inhaltsverzeichnis

<b>EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG</b> .....	<b>5</b>
<b>ÜBERSICHT</b> .....	<b>7</b>
<b>UNTERSUCHUNGSUMFANG</b> .....	<b>9</b>
<b>MATERIAL UND METHODEN</b> .....	<b>11</b>
<b>1. Messreihen</b> .....	<b>11</b>
1.1 Messreihe I: Quantitative Koloniezahlbestimmungen von Wasserproben .....	11
1.2 Messreihe II: Quantitative und qualitative Untersuchung von Luft- und Wasserproben .....	11
<b>2. Probenahme</b> .....	<b>11</b>
2.1 Wasserproben .....	12
2.2 Luftproben .....	12
<b>3. Nachweis von Mikroorganismen durch Kultivierung</b> .....	<b>13</b>
3.1 Nährmedien .....	14
3.2 Kultivierungsbedingungen und Identifizierung .....	14
3.3 Legionellen .....	15
<b>4. Nicht-biologische Begleitparameter</b> .....	<b>15</b>
4.1 Wasserproben .....	15
4.2 Luftproben .....	15
<b>ERGEBNISSE UND BEWERTUNG</b> .....	<b>16</b>
<b>1. WASSERPROBEN</b> .....	<b>16</b>
1.1 Nicht-biologische Begleitparameter: Wassertemperatur, pH-Wert .....	16
1.2 Nicht-biologische Begleitparameter: Geruch, Aussehen .....	16
1.3 Koloniezahlen im Waschwasser .....	17
1.4 Identifizierte Mikroorganismen-Arten im Waschwasser .....	20
<b>2. LUFTPROBEN</b> .....	<b>22</b>
2.1. Koloniezahlen in Luftproben .....	22
2.2. Identifizierte Schimmel- / Hefepilzarten in Luftproben .....	25
<b>VERGLEICH DER MESSERGEBNISSE MIT GRENZ- UND ORIENTIERUNGSWERTEN AUS DEM BEREICH DER „WASSERBEWERTUNG / WASSERAUFBEREITUNG“</b> .....	<b>26</b>
<b>UMSETZUNG DER BIOSTOFFVERORDNUNG (BIOSTOFFV)</b> .....	<b>30</b>
<b>SCHUTZMASSNAHMEN</b> .....	<b>31</b>
<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>32</b>
<b>GLOSSAR</b> .....	<b>34</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Verteilung der Entkeimungsverfahren bei den untersuchten Anlagentypen zur Waschwasseraufbereitung .....	10
Abb. 2:	Schemazeichnung einer Wasseraufbereitungsanlage für Fahrzeugwaschanlagen mit eingezeichneten Probenahmestellen als Beispiel .....	11
Abb. 3:	Luftprobenahme mittels Impingement in einer Fahrzeugwaschstrasse im Rahmen der Untersuchungsreihen .....	13
Abb. 4:	Gesamtkoloniezahl nach Wasseraufbereitung – Verteilung über alle untersuchten Betriebe.....	18
Abb. 5:	Veränderung der Gesamtkoloniezahl durch chemische und physikalische Aufbereitungsverfahren .....	18
Abb. 6:	Veränderung der Gesamtkoloniezahl bei Anlagen mit biologischer Stufe .....	19
Abb. 7:	Vergleich der Messergebnisse mit der ÖNORM B 5107.....	27
Abb. 8:	Vergleich der Messergebnisse mit anderen Bakterienkonzentrationen .....	28
Abb. 9 a):	Vorkommen von Enterobacter spp. im Vergleich zur Gesamtkoloniezahl .....	29
Abb. 9 b):	Vorkommen von E. coli im Vergleich zur Gesamtkoloniezahl.....	29

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Auflistung der untersuchten Fahrzeugwaschanlagen .....	7
Tab. 2:	Probenahmedauer und Probenahmenvolumen bei Verwendung des AGI 30 zur Luftprobenahme in Fahrzeugwaschanlagen (FWA).....	13
Tab. 3:	Verwendete Nährböden.....	14
Tab. 4:	Inkubationsbedingungen.....	15
Tab. 5:	Wassertemperatur und pH-Wert vor und nach der Waschwasseraufbereitung .....	16
Tab. 6:	Vergleich der Koloniezahlen vor und nach der Waschwasseraufbereitung .....	17
Tab. 7:	Isolierte Bakterien, Schimmel-/ Hefepilze aus Fahrzeugwaschwasser .....	20
Tab. 8:	Vergleich der Koloniezahlen (Bakterien) in der Luft im Arbeitsbereich zum Außenluft-Referenzwert.....	22
Tab. 9:	Vergleich der Koloniezahlen (Schimmelpilze) in der Luft im Arbeitsbereich zum Außenluft-Referenzwert .....	23
Tab. 10:	Mikrobielle Belastung im Arbeitsbereich im Vergleich zur Außenluft .....	23
Tab. 11:	Konzentration luftgetragener Mikroorganismen in natürlichen Umgebungen ...	24
Tab. 12:	Aus der Luft des Arbeitsbereichs von Fahrzeugwaschanlagen und aus der Außenluft isolierte Schimmel-/ Hefepilze .....	25
Tab. 13:	Übersicht über Grenz- und Richtwerte aus dem Bereich der „Wasserbewertung / Wasseraufbereitung“ im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen in Fahrzeugwaschanlagen .....	26

## Einleitung und Aufgabenstellung

Aus ökologischen und ökonomischen Gründen stellen nahezu alle gewerblichen und betrieblichen Fahrzeugwaschanlagen kreislaufgeführte wässrige Systeme dar. Das Fahrzeugwaschwasser wird mit Hilfe physikalischer, chemischer und/oder biologischer Verfahren aufbereitet und wiederverwendet. Die Aufbereitung dient primär dem Entfernen von Schmutzpartikeln, Ölresten und anderen Verunreinigungen. Das aufbereitete Waschwasser wird als Brauchwasser oder gemäß DIN 4046<sup>1)</sup> als Betriebswasser bezeichnet und unterliegt – da Wasser die Grundlage aller Lebensvorgänge darstellt – einer Besiedlung mit Mikroorganismen.

Da nicht ausgeschlossen werden konnte, dass im Fahrzeugwaschwasser auch potentielle Infektionserreger vorhanden sind, die bei entsprechend hoher Konzentration und vorliegendem Aufnahmeweg zu einer möglichen gesundheitlichen Gefährdung der Beschäftigten führen könnten, wurde dieses Forschungsprojekt unter Federführung des Fachausschusses „Maschinenbau, Fertigungssysteme, Stahlbau“ initiiert mit dem Ziel, die quantitative und qualitative Belastung des Fahrzeugwaschwassers und der Luft mit Mikroorganismen in Fahrzeugwaschanlagen festzustellen, soweit wie möglich zu bewerten und daraus geeignete Schutzmaßnahmen für die Beschäftigten in solchen Anlagen abzuleiten.

Bei Tätigkeiten in Fahrzeugwaschanlagen, z.B. bei manueller (Vor-) Wäsche von Fahrzeugen, bei Reinigungs-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten in der Anlage aber auch bei Aufenthalt in der direkten Nähe von laufenden Waschanlagen (beispielsweise zu Kontrollzwecken) können Beschäftigte mit mikrobiell belastetem Betriebswasser oder entsprechend benetzten Anlagenteilen in Kontakt kommen.

Mögliche Aufnahmewege von Mikroorganismen bei den genannten Tätigkeiten sind

- das Einatmen von Bioaerosolen, die beim Waschvorgang oder bei Arbeiten mit Hochdrucksprühlanzen entstehen,
- das Eindringen von Infektionserregern über vorgeschädigte bzw. verletzte Haut oder (durch Waschwasserspritzer) über Schleimhäute und Augen,
- das (unabsichtliche) Aufnehmen von mit Mikroorganismen belastetem Waschwasser im Sinne einer Schmierinfektion durch Kontakt der verunreinigten Hände mit Augen, Nase und Mund.

Weiterhin können Infektionserreger aus dem Waschwasser auch

- beim Essen, Trinken und Rauchen am Arbeitsplatz aufgenommen werden, vor allem wenn Lebensmittel offen im Bereich der Fahrzeugwaschanlage aufbewahrt werden.

Als Folge kann es bei einer entsprechend hohen Koloniezahl zu Infektionen der Haut, des Magen-Darm-Traktes und der Atemwege kommen, beziehungsweise bei einer bestehenden Veranlagung (Prädisposition) zu allergischen Reaktionen.

Eine Auswertung zu gemeldeten Erkrankungsfällen von Fahrzeugreinigern (hierunter fallen auch Beschäftigte in Fahrzeugwaschanlagen) und Fahrzeugpflegern über eine gesetzliche und betriebliche Krankenkasse für das Jahr 1999 ergab im Vergleich zu allen erwerbstätigen Versicherten keine Häufung von Infektionskrankheiten, Hauterkrankungen oder Erkrankungen der Atmungs-/ Verdauungsorgane. Die gemittelten Arbeitsunfähigkeitstage (AU-Tage) lagen für alle erwerbstätigen Versicherten bei 127,7 AU-Tage je 100 Versichertenjahre (VJ) und für die Gruppe der Fahrzeugreiniger/ -pfleger bei 124,7 AU-Tagen/100 VJ.

---

<sup>1)</sup> DIN 4046 Wasserversorgung – Fachausdrücke und Begriffserklärungen

Tätigkeiten in Fahrzeugwaschanlagen mit Betriebswasser fallen unter den Geltungsbereich der Biostoffverordnung (BioStoffV), da bei diesen Tätigkeiten biologische Arbeitsstoffe (Mikroorganismen) freigesetzt werden und Beschäftigte mit den biologischen Arbeitsstoffen direkt in Kontakt kommen können. Der Unternehmer ist gemäß § 5 Arbeitsschutzgesetz aufgefordert eine Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen durchzuführen: Dabei sind sowohl der Betreiber der Fahrzeugwaschanlage als auch Serviceunternehmen angesprochen.

**Die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes sollen dem Unternehmer als Entscheidungshilfe zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung nach Biostoffverordnung dienen.**

Waschanlagen für Sonderfahrzeuge, wie z.B. Müllsammelfahrzeuge, Klärschlamm- oder Tiertransporter wurden im Rahmen dieses Projektes nicht untersucht, da die dort auftretenden Gefährdungen gesondert zu betrachten sind.

Ebenso wurden keine Selbstbedienungs-Waschplätze untersucht.

Die mikrobielle Analytik beschränkt sich auf die Untersuchung von Bakterien und Schimmel-/Hefepilze. Nicht erfasst wurden Viren, Einzeller und Parasiten.

## Übersicht

Tab. 1: Auflistung der untersuchten Fahrzeugwaschanlagen

Nr.	Anlage	Typ	Wasseraufbereitungsart	Baujahr	Entkeimung
1	PKW	Portal	Kiesfilter mit Flockung	2000	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
2	PKW	Portal	Kiesfilter mit Flockung	1999	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
3	PKW	Portal	Kiesfilter mit Flockung	1998	ohne
4	Bus / Nufa	Portal	Kiesfilter	1995	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
5	PKW	Portal	Hydrozyklon	1999	ohne
6	PKW	Portal	Hydrozyklon	1999	ohne
7	PKW	Portal	Wasseroxidation	1997	ohne
8	PKW	Portal	Kiesfilter mit Flockung	1999 / 2000	ohne
9	Bus / Nufa	Portal	Kiesfilter mit Flockung	1992 / 1993	ohne
10	PKW	Waschstrasse	Kiesfilter	1986	Ozon unregelm. Chlorung des Kiesfilters
11	Bus / Nufa	Portal	Kiesfilter mit Flockung	1990	Biozid
12	Strassenbahn	Portal	Filtermatten	1995	ohne
13	PKW	Portal	Belebungsverfahren	1998	ohne
14	PKW	Portal	Kiesfilter mit Flockung	1998	ohne
15	PKW	Waschstrasse	Kiesfilter	1997	ohne
16	PKW	Portal	Belebungsverfahren	1999	ohne
17	Bus	Portal (Tandem)	Belebungsverfahren + Impfkultur	1994	ohne
18	PKW	Waschstrasse	Filter + Siebtrommel	1993	ohne
19	PKW	Portal	Füllkörper	1999	ohne
20	LKW	Portal	Belebungsverfahren + Impfkultur	?	ohne
21	Bus	Portal	Emulsionsspaltanlage	1989	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
22	Bus	Waschstrasse	mechan. Aufbereitung	1999	ohne
23	Bus	Portal	Belüftung	1996	ohne
24	PKW	Waschstrasse	Kiesfilter	1997	Ozon
25	PKW	Waschstrasse	Kiesfilter	1997	Ozon
26	LKW	Portal	Koaleszenzabscheider	1983	Ozon (seit 1996)
27	PKW	Waschstrasse	Siebfilter	1994	Bakterizid (bei Bedarf)
28	LKW	Portal	Festbettreaktor	1997	ohne
29	Nufa	Portal	Absetzbecken (Einsatz v. Brunnenwasser)	?	Biozid
30	PKW	Waschstrasse	Kiesfilter	2000	Ozon
31	PKW	Portal (Tandem; Eigenbau)	Belebungsverfahren + Impfkultur	2000	UV-Anlage

Nufa = Nutzfahrzeuge

Grau unterlegt = Anlagen mit biologischer Aufbereitung

**Die Anlagen 20 – 28 wurden von der Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen, Hamburg untersucht. Es handelt sich dabei um Fahrzeugwaschanlagen in Norddeutschland und Westfalen. Da hierbei teilweise andere Probenahmebedingungen und Untersuchungsparameter gewählt wurden (siehe auch Material und Methoden), sind die Messergebnisse der genannten Anlagen im Ergebnisbericht zum Teil gesondert aufgeführt.**

## Untersuchungsumfang

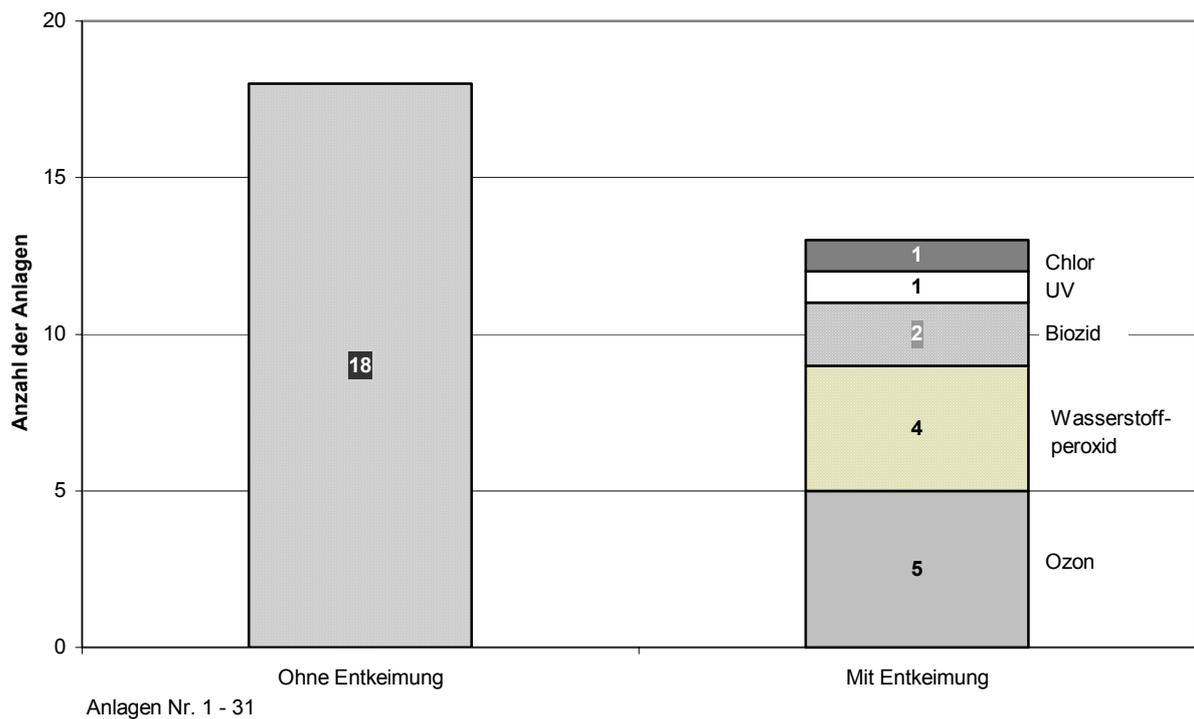
Die hier beschriebenen Untersuchungen wurden in den Monaten Juli bis September der Jahre 2000 und 2001 durchgeführt. Insgesamt wurden 31 gewerbliche und betriebliche Fahrzeugwaschanlagen für PKW und Nutzfahrzeuge (LKW, Busse) im Raum Köln / Bonn / Düsseldorf und Norddeutschland beprobt. Mit Blick auf die technische Konzeption von Fahrzeugwaschanlagen wurden ausschließlich Portalwaschanlagen (n = 23, einschließlich einer Sonderanfertigung für Straßenbahnen) und Waschstrassen (n = 8) ausgewählt. In Tabelle 1 sind alle untersuchten Anlagen und ihre jeweiligen Merkmale zusammengefasst. Voraussetzung für die Einbeziehung einer Anlage in die Untersuchungen war die Kreislaufführung, also die Wiederaufbereitung des Waschwassers. Anlagen, die ausschließlich mit Frischwasser arbeiten, wurden nicht untersucht.

Es war nicht primäres Ziel der durchgeführten Untersuchungen, eine Reduzierung der Koloniezahl im Brauchwasser durch unterschiedliche Wasseraufbereitungsverfahren nachzuweisen, sondern vielmehr einen Eindruck von der mikrobiellen Belastung des kreislaufgeführten Waschwassers zu erhalten.

Die Anlagentypen in den Untersuchungsreihen verteilten sich wie folgt:

Anlagentyp	Anzahl
Kiesfiltersysteme mit Flockung	13
Anlagen mit biologischer Aufbereitung	9
Siebfilter	3
Hydrozyklon	2
Siebtrommel	1
Andere (keine Wasseraufbereitung oder Art der Aufbereitung nicht bekannt)	3

Die häufigsten untersuchten Anlagentypen zur Waschwasseraufbereitung waren Kiesfiltersysteme mit Flockung: 18 Fahrzeugwaschanlagen arbeiteten ohne Entkeimung, 13 Anlagen mit einem Entkeimungsverfahren (Abb. 1). Der Einsatz von Ozon (O<sub>3</sub>) oder Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) war hierbei am häufigsten vertreten als Entkeimungsverfahren.



**Abb. 1: Verteilung der Entkeimungsverfahren bei den untersuchten Anlagentypen zur Waschwasseraufbereitung**

Die für die Untersuchungen ausgewählten Anlagen stellen einen repräsentativen Querschnitt an allgemein üblichen Fahrzeugwaschanlagen dar.

Insgesamt wurden 9 Anlagen mit biologischer Aufbereitung<sup>2)</sup> beprobt, um genauere Aufschlüsse darüber zu erhalten, ob möglicherweise durch diese Art der Aufbereitung zusätzlich Mikroorganismen in die Systeme eingetragen werden beziehungsweise aufgrund nicht anwendbarer Entkeimungsmaßnahmen insgesamt höhere Koloniezahlen im Waschwasser vorliegen. Hierbei sind unter Anlagen mit biologischer Aufbereitung sowohl Anlagen mit biologischen Reinigungsstufen wie z.B. Füllkörper, Festbettreaktor, Belebungsverfahren als auch einfache Belüftungsverfahren zur mikrobiellen Wachstumsoptimierung zu verstehen.

Die mikrobiologische Analytik wurden von folgenden Instituten durchgeführt:

- Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz (BIA), Referat Mikrobiologie, St. Augustin,
- Landesanstalt für Arbeitsschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (LafA), Düsseldorf,
- Labor für Arbeits- und Umwelthygiene, Hannover.

<sup>2)</sup> Fahrzeugwaschanlagen Nr. 7, 13, 16, 17, 19, 20, 23, 28, 31

## 1. Messreihen

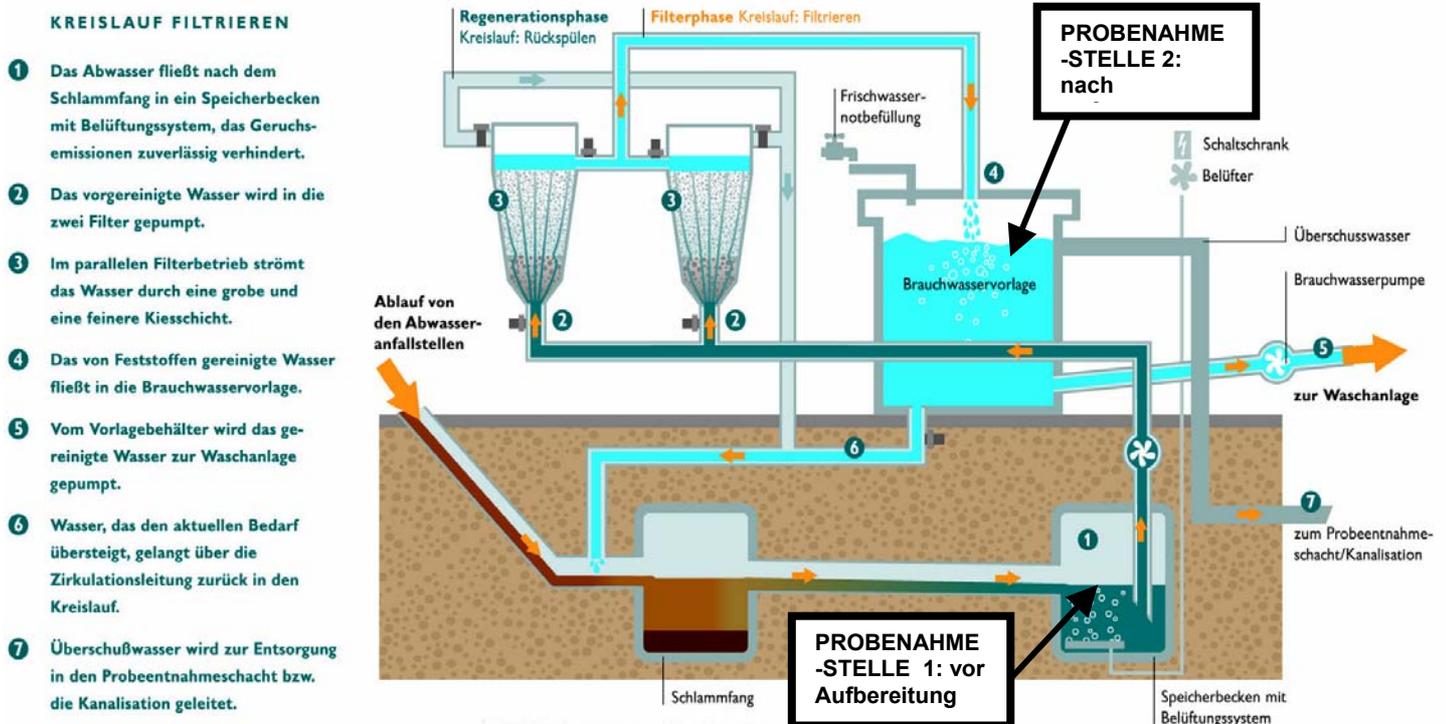
### 1.1 Messreihe I: Quantitative Koloniezahlbestimmungen von Wasserproben

Im Sommer 2000 wurden zunächst an einer größeren Zahl von Portalwaschanlagen für PKW und Nutzfahrzeuge ausschließlich quantitative Koloniezahlbestimmungen (Bakterien und Schimmelpilze bzw. Hefen) an Wasserproben durchgeführt. Diese wurden aus Speicherbehältern vor und nach der Wasseraufbereitung entnommen. Luftproben wurden im Rahmen dieser ersten Messreihe nur in ausgewählten Anlagen zur Erprobung der Probenahmetechnik genommen.

### 1.2 Messreihe II: Quantitative und qualitative Untersuchung von Luft- und Wasserproben

Anhand der Ergebnisse aus der ersten Messreihe vom Sommer 2000 erfolgte anschließend eine Beschränkung auf wenige, ausgewählte Fahrzeugwaschanlagen, an denen in einer zweiten Messreihe im Juli / August 2001 sowohl vergleichende Untersuchungen zur Luftprobenahme mit drei verschiedenen Messsystemen als auch quantitative und qualitative Untersuchungen von Wasserproben durchgeführt wurden. Weiterhin liegen aus dieser Messreihe auch Ergebnisse aus qualitativen Untersuchungen des Pilzgehaltes der Luftproben vor. Die Auswahl der untersuchten Bakteriengruppen erfolgte mit Blick auf medizinisch relevante, pathogene Bakterien, die der Risikogruppe 2 angehören und deren Vorkommen in Wasserkreisläufen von Fahrzeugwaschanlagen anzunehmen war.

## 2. Probenahme



**Abb. 2: Schemazeichnung einer Wasseraufbereitungsanlage für Fahrzeugwaschanlagen mit eingezeichneten Probenahmestellen als Beispiel.**  
(Das Bildmaterial wurde freundlicherweise von der Fa. WashTec, Augsburg zur Verfügung gestellt.)

## 2.1 Wasserproben

Wasserproben wurden i. d. R. als Schöpfproben aus entsprechenden Sammelbehältern vor und nach der Wasseraufbereitung gewonnen, in Ausnahmefällen auch durch Auffangen des direkt aus dem Waschportal abgegebenen Wassers. Sie wurden in sterilen Glasflaschen (braun, mit Schliff oder Gewinde) lichtgeschützt und gekühlt (4 °C) in das Labor transportiert. Die Aufarbeitung der Proben erfolgte jeweils am Tag nach der Probenahme. Bis zur Aufarbeitung wurden die Proben ebenfalls bei 4 °C gekühlt gelagert.

## 2.2 Luftproben

Zur Entnahme von Luftproben aus der Arbeitsbereichsatmosphäre und aus der Außenluft (Referenzwerte) wurden drei verschiedene Probenahmeverfahren eingesetzt: Filtration (BIA-Gesamtstaubprobenahmesystem, GSP), Impaktion (Merck MAS 100) und Impingement (All-Glas-Impinger (AGI 30)).

### 2.2.1 Filtration

Die Probenahme von **Pilzen** (Schimmelpilze und Hefen) aus der Luft erfolgte mittels Gesamtstaub-Probenahme (GSP)-System nach dem in der BIA-Arbeitsmappe, Kennziffer 9420, beschriebenen Standardverfahren der „direkten Methode“.

Dazu wurden Gesamtstaubsammelköpfe nach BIA mit Erfassungskegeln für einen Volumenstrom von 3,5 l/min sowie PP5 Ex-Pumpen der Firma Gillian (Vertrieb: GSM, Neuss) verwendet.

Der Volumenstrom der Pumpen wurde auf 3,5 l/min eingestellt.

Für die Koloniezahlbestimmung von **Pilzen** nach der „direkten Methode“ wurden je sechs Cellulosenitratfilter pro Probenahmeort beaufschlagt. Die Probenahmedauer betrug jeweils 10 Minuten. Die Filter wurden nach der Probenahme unter Umgebungsbedingungen (trocken, Temperatur  $\leq 25$  °C) zur Auswertung in das Labor gebracht. Als Messergebnis wurde für die „direkte Methode“ der Median der Auswertung der n=6 Cellulosenitratfilter berechnet.

Die Luftprobenahme für **Bakterien** mittels Filtration erfolgte entsprechend dem in der BIA-Arbeitsmappe unter der Kennziffer 9430 beschriebenen Standardverfahren, mit dem gleichen Probenahmesystem und -volumen wie für die Schimmelpilze beschrieben, nach der „direkten Methode“. Hierfür wurden pro Probenahmeort je 12 Cellulosenitratfilter bei einer Probenahmedauer von 3 Minuten beaufschlagt und das Ergebnis als Median der Auswertung dieser Proben (n=12) angegeben.

### 2.2.2 Impaktion

Für die Luftprobenahme von Pilzen (Schimmelpilzen und Hefen) und Bakterien nach dem Prinzip der Impaktion (= Abscheidung der biologischen Agenzien aus der Luft auf festen Nährböden), wurden pro Probenahmeort jeweils vier Platten eines Mediums zur jeweiligen Gesamtkoloniezahlbestimmung beaufschlagt, die gekühlt (4 °C) in das Labor transportiert wurden. Als Messgerät wurde ein MAS 100 Gerät der Firma Merck, Darmstadt eingesetzt. Das Probenahmenvolumen betrug 100 l/min, die Probenahmedauer jeweils 1 Minute. Das Ergebnis der Auswertung dieser Agarplatten (n=4) wurde als Median angegeben.

### 2.2.3 Impingement

Für die Luftprobenahme von Pilzen (Schimmelpilze und Hefen) und Bakterien nach dem Prinzip des Impingement (= Abscheidung der biologischen Agenzien aus der Luft in eine Flüssigkeit), wurden pro Probenahmeort jeweils zwei mit je 30 bis 50 ml physiologischer Kochsalzlösung befüllte Impinger eingesetzt. Probenahmenvolumen und Probenahmedauer sind in Tabelle 2 angegeben.



**Abb. 3: Luftprobenahme mittels Impingement in einer Fahrzeugwaschstrasse im Rahmen der Untersuchungsreihen**

Laut Literatur wird der AGI mit einem Probenahmenvolumen von 12,7 l / min betrieben. Dies war bei der Luftprobenahme in Fahrzeugwaschanlagen i. d. R. vermutlich durch das Vorhandensein von Detergenzien in der Luft nicht möglich, da die Sammellösung bei diesem Volumenstrom sehr stark schäumte und ein beträchtlicher Anteil davon in ein vorsorglich zwischen Impinger und Feuchtigkeitsfalle geschaltetes zweites Probenahmegefäß übergang.

**Tab. 2: Probenahmedauer und Probenahmenvolumen bei Verwendung des AGI 30 zur Luftprobenahme in Fahrzeugwaschanlagen (FWA)**

Nr. FWA	Probenahmenvolumen [l/min]	Probenahmedauer [h]
12	7,5 bzw. 8	2
31	8,5 bis 11,5	2
Messungen der BGF	10,5	0,25 bis 0,82

Die Ergebnisse der Impinger-Proben (n=2) wurden als arithmetischer Mittelwert angegeben.

### 3. Nachweis von Mikroorganismen durch Kultivierung

Die Bestimmung sowohl der Gesamtkoloniezahlen von Bakterien, Schimmelpilzen und Hefen aus Wasser- und Luftproben, als auch der Koloniezahlen ausgewählter Organismengruppen erfolgte entweder durch direktes Auflegen der beaufschlagten Filter auf feste Nährmedien (Filtration, direkte Methode), Ausplattieren der suspendierten Mikroorganismen (Impingement) auf feste Nährmedien oder Inkubation der direkt beaufschlagten, festen Nährmedien (Impaktion) unter definierten Laborbedingungen und Erfassung der Anzahl der gewachsenen Kolonien durch

Auszählen. Die Angabe der Ergebnisse erfolgt als „Kolonie bildende Einheiten“ (KBE), bezogen auf ein Aliquot des untersuchten Mediums (KBE/m<sup>3</sup> Luft bzw. KBE/ml Wasser).

### 3.1 Nährmedien

In der nachfolgender Tabelle sind die für die verschiedenen Koloniezahlbestimmungen jeweils verwendeten Nährböden zusammengefasst:

**Tab. 3: Verwendete Nährböden**

Nährboden	Organismen/ Parameter	Hersteller	Bestellnummer
DEV (Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung) - Nähragar	Bakterien (+ Hefen) aus Wasserproben, Gesamtkoloniezahl	Merck	1.11471.0500
MEA (Malzextraktagar)	Pilze/ Hefen aus feuchten Habitaten (Luft- und Wasserproben)	Merck	1.05398.0500
BIGGY-Agar	Hefen	Merck	1.15027.0500
Chapman-Agar	Mikrokokken	Merck	1.05469.0500
Chromocult-Agar für Coliforme	Coliforme, Gesamtkoloniezahl	Merck	1.10426.0500
KÄA (Kanamycin-Äsculin-Azid)-Agar	(Fäkal-Streptokokken) Enterokokken	Merck	1.05222.0500
Cetrimid-Agar	Aeromonaden, Pseudomonaden	Merck	1.05284.0500
ÖNÖZ-Agar	Salmonellen	Merck	1.15034.0500
CASO-Agar	Bakterien aus Luftproben Gesamtkoloniezahl	Merck	1.05458.0500
DG 18-Agar	Schimmelpilze aus Luftproben, Gesamtkoloniezahl	Oxoid	CM 729
Blut-Agar	Bakterien (+ Hefen) aus Wasserproben, Gesamtkoloniezahl	Oxoid	PB 0114
Slanetz-Bartley-Agar	Enterokokken	Oxoid	CM 0377
Rambach-Agar	Salmonellen		
Mannit-Kochsalz-Agar	Staphylococcus aureus	Oxoid	PO 0151
MacConkey-Agar	Enterobacter	Oxoid	PO 0149

Alle Nährböden wurden nach Herstellerangaben (Nährbodenhandbücher der Firmen Merck, Darmstadt und Oxoid, Wesel) zubereitet.

Sofern die Agarplatten mit einer Organismensuspension angeimpft wurden, wurden je drei Platten pro Medium mit je 100 µl einer Probe im Spatelverfahren angeimpft, das Ergebnis aus der Auswertung dieser drei Platten wurde jeweils als arithmetischer Mittelwert berechnet und in KBE pro Aliquot des beprobten Mediums (Wasser oder Luft) angegeben.

### 3.2 Kultivierungsbedingungen und Identifizierung

Nährböden zur Bestimmung der Koloniezahl von Pilzen und Hefen wurden im Brutschrank bei 25 °C (MEA, DG 18) bzw. 28 bis 30 °C (BIGGY-Agar) inkubiert. Schimmelpilze wurden nach 7 und 14 Tagen ausgezählt, Hefen ggf. erstmalig nach 48 h. Sofern Hefen und Schimmelpilze gemeinsam auf den Agarplatten auftraten, erfolgte eine getrennte Auszählung der Kolonien. Die Identifizierung erfolgte mindestens bis zur Gattungsebene, bei auffälliger Dominanz einzelner Organismen auch bis zur Art.

Die Inkubationsbedingungen und Auszählzeiten für Bakterien sind in der nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

**Tab. 4: Inkubationsbedingungen**

Nährmedium	Organismen/ Parameter	Temperatur [°C]	Inkubationsdauer
DEV-Agar	Bakterien aus Wasserproben Gesamtkoloniezahl	22 <sup>3)</sup>	48 h <sup>3)</sup>
CASO-Agar	Bakterien aus Luftproben Gesamtkoloniezahl	30	24 h
Chapman-Agar	Mikrokokken	36	48 h
Chromocult-Agar für Coliforme	Coliforme Gesamtkoloniezahl	36	24 h
KÄA-Agar	(Fäkal-)Streptokokken Enterokokken	36	3 Tage
Cetrimid-Agar	Aeromonaden, Pseudomonaden	36	48 h
ÖNÖZ-Agar	Salmonellen	36	16 bis 24 h
Blut-Agar	Bakterien (+Hefen) aus Wasserproben; Gesamtkoloniezahl	36	24 h
Slanetz-Bartley-Agar	Enterokokken	36	24 h
Rambach-Agar	Salmonellen	36	24 h
Mannit-Kochsalz-Agar	Staphylococcus aureus	36	24 h
MacConkey-Agar	Enterobacter	36	24 h

### 3.3 Legionellen

Die Legionellen-Analytik erfolgte über das Umweltlabor ACB, Münster, Herrn Dr. Wolfgang Treder, mittels kulturellem Nachweis und nachfolgender serologischer Differenzierung.

## 4. Nicht-biologische Begleitparameter

### 4.1 Wasserproben

#### 4.1.1 Temperatur

Die Wassertemperatur wurde jeweils unmittelbar nach der Probenahme in einem Probenaliquot mit einem Stabthermometer bestimmt.

#### 4.1.2 pH-Wert

Der pH-Wert der Wasserproben wurde unmittelbar nach der Probenahme in einem Probenaliquot mit einer pH-Elektrode (Firma WTW, Weilheim) bestimmt.

#### 4.1.3 Aussehen und Geruch

Aussehen und Geruch der Probe wurden ebenfalls unmittelbar im Anschluss an die Probenahme visuell und olfaktorisch festgestellt und notiert.

### 4.2 Luftproben

#### 4.2.1 Temperatur

Die Lufttemperatur [°C] im Arbeitsbereich während der Probenahme wurde mit einem Messfühler (Firma Testo, Lenzkirch) bestimmt.

#### 4.2.2 Feuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit [%] im Arbeitsbereich zur Zeit der Probenahme wurde mit einem Messfühler (Firma Testo, Lenzkirch) bestimmt.

<sup>3)</sup> gemäß ÖNORM B 5107 vom Oktober 2000

## 1. WASSERPROBEN

### 1.1 Nicht-biologische Begleitparameter: Wassertemperatur, pH-Wert

Tab. 5: Wassertemperatur und pH-Wert vor und nach der Waschwasseraufbereitung

	Wassertemperatur °C	pH-Wert
vor der Aufbereitung:	15 (Min.) / 25 (Max.) Ø 18,8	6,5 (Min.) / 8,1 (Max.) Ø 7,34
nach der Aufbereitung	16 (Min.) / 31 (Max.) Ø 19,7	6,5 (Min.) / 8,0 (Max.) Ø 7,23

- Die Parameter Wassertemperatur (Ø 19,3° C) und pH-Wert (Ø 7,3) veränderten sich durch die Aufbereitung nicht.

### 1.2 Nicht-biologische Begleitparameter: Geruch, Aussehen

- In den meisten Fällen war nach Aufbereitung des Waschwassers eine Verbesserung des Geruchs und Aussehens feststellbar. Dennoch lässt die Beschaffenheit des Waschwassers keine Rückschlüsse auf eine Besiedlung mit Mikroorganismen zu; auch optisch und olfaktorisch unauffälliges Washwasser kann mikrobiell kontaminiert sein.

### 1.3 Koloniezahlen im Waschwasser

Tab. 6: Vergleich der Koloniezahlen vor und nach der Waschwasseraufbereitung

Organismus (Nährboden)	vor der Aufbereitung KBE <sup>4)</sup> /ml			Proben (n)	nach der Aufbereitung KBE/ml			Proben (n)
	Min. <sup>5)</sup>	Max. <sup>6)</sup>	Median		Min.	Max.	Median	
<b>Bakterien</b> (DEV)	n. n.	1,30 x 10 <sup>7</sup>	<b>7,50 x 10<sup>5</sup></b>	29	n. n.	9,40 x 10 <sup>7</sup>	<b>3,90 x 10<sup>5</sup></b>	30
<b>Bakterien<sup>7)</sup></b> (Blutagar)	n. d.	n. d.	<b>n. d.</b>	n. d.	405	9,3 x 10 <sup>7</sup>	<b>7,4 x 10<sup>5</sup></b>	9
<b>Pilze</b> (MEA)	n. n.	3,15 x 10 <sup>3</sup>	<b>1,75 x 10<sup>2</sup></b>	10	13	3,40 x 10 <sup>4</sup>	<b>2,00 x 10<sup>2</sup></b>	21
<b>Hefen</b> (MEA)	20	3,50 x 10 <sup>3</sup>	<b>9,35 x 10<sup>2</sup></b>	6	n. n.	4,13 x 10 <sup>3</sup>	<b>90</b>	6
<b>Hefen</b> (BIGGY)	n. n.	4,90 x 10 <sup>2</sup>	<b>30</b>	3	10	5,13 x 10 <sup>2</sup>	<b>43</b>	3
<b>Coliforme<sup>8)</sup></b> (Chromocult)	4,00 x 10 <sup>2</sup>	1,90 x 10 <sup>6</sup>	<b>1,10 x 10<sup>5</sup></b>	7	n. n.	1,80 x 10 <sup>5</sup>	<b>8,00 x 10<sup>4</sup></b>	7
<b>Enterobacter<sup>7)</sup></b> (MacConkey)	n. n.	1,77 x 10 <sup>6</sup>	<b>5,50 x 10<sup>4</sup></b>	6	30	5,53 x 10 <sup>6</sup>	<b>2,40 x 10<sup>4</sup></b>	9
<b>E. coli<sup>7)</sup></b> (MacConkey)	n. n.	1,20 x 10 <sup>6</sup>	<b>1,10 x 10<sup>4</sup></b>	6	n. n.	9,00 x 10 <sup>5</sup>	<b>6,00 x 10<sup>3</sup></b>	8
<b>E. coli</b> (Chromocult)	4,10 x 10 <sup>2</sup>	6,03 x 10 <sup>2</sup>	<b>5,10 x 10<sup>2</sup></b>	2	13	33	<b>23</b>	2
<b>Enterokokken<sup>7)</sup></b> (Slanetz-Bartley)	n. n.	4,73 x 10 <sup>5</sup>	<b>9,50 x 10<sup>2</sup></b>	6	n. n.	2,57 x 10 <sup>5</sup>	<b>90</b>	8
<b>Streptokokken</b> (Kanamycin-A.)	n. n.	4,93 x 10 <sup>2</sup>	<b>23</b>	7	n. n.	1,33 x 10 <sup>2</sup>	<b>3</b>	7
<b>Staphylokokken</b> (Chapman)	n. n.	1,40 x 10 <sup>4</sup>	<b>17</b>	7	n. n.	2,30 x 10 <sup>4</sup>	<b>13</b>	7
<b>Pseudomonaden</b> <b>/ Aeromonaden</b> (Cetrimid)	6	2,17 x 10 <sup>3</sup>	<b>8,80 x 10<sup>2</sup></b>	6	n. n.	9,33 x 10 <sup>2</sup>	<b>1,20 x 10<sup>2</sup></b>	6

n. n. = nicht nachweisbar (ging in die Berechnungen als „0“- Wert ein)

n. d. = nicht durchgeführt

- Die jeweils unterschiedliche Probenanzahl ergibt sich daraus, dass zum Einen nicht alle Proben auswertbar waren und zum Anderen einige Anlagen mehrfach beprobt wurden.
- **In keiner Probe wurden Salmonellen oder Legionellen nachgewiesen.**
- Die Aufbereitung des Waschwassers über verschiedene Filtersysteme dient dem Entfernen von eingetragenen Schmutzpartikeln und Ölresten. Eine Verminderung der Koloniezahl ist nicht das Ziel der Wasseraufbereitung und wird dadurch auch nicht bewirkt. Die Gesamtkoloniezahl nach Aufbereitung des Waschwassers lag bei der Mehrzahl der Betriebe im Bereich von 10<sup>5</sup> – 10<sup>6</sup> KBE/ml (Abb. 4).

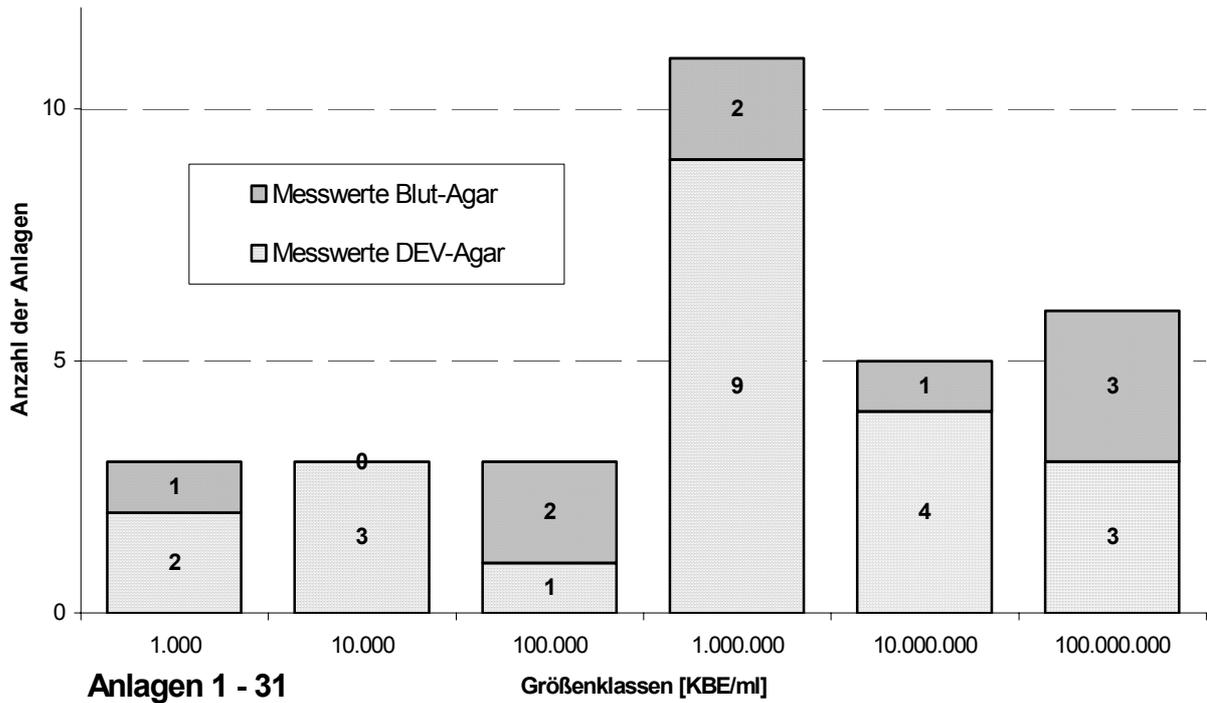
<sup>4)</sup> KBE = Koloniebildende Einheiten

<sup>5)</sup> Min. = niedrigste nachgewiesene Gesamtkoloniezahl

<sup>6)</sup> Max. = höchste nachgewiesene Gesamtkoloniezahl

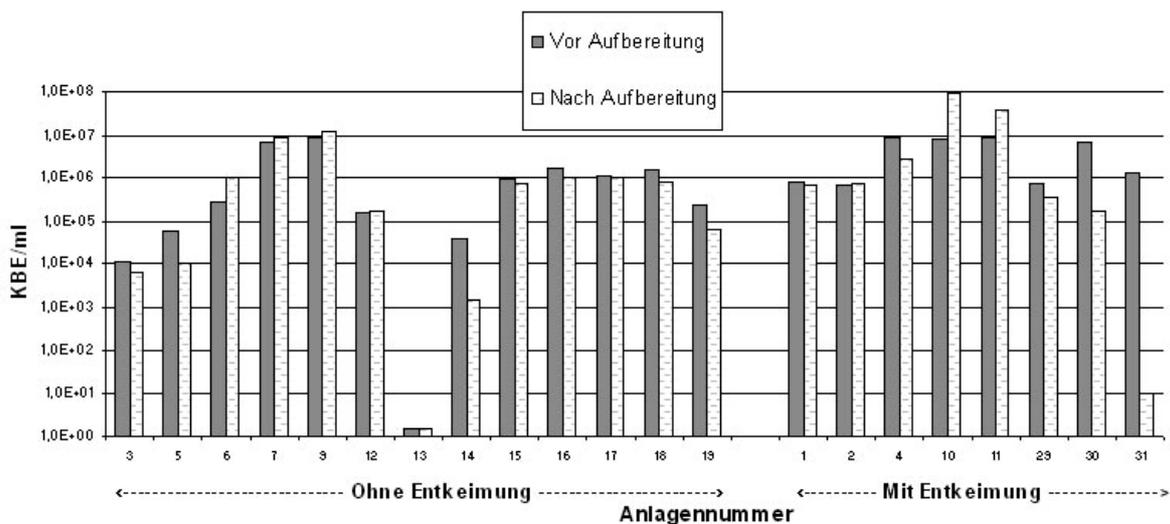
<sup>7)</sup> Untersuchungen der Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen

<sup>8)</sup> Spezies der Gattungen *Enterobacter*, *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*,



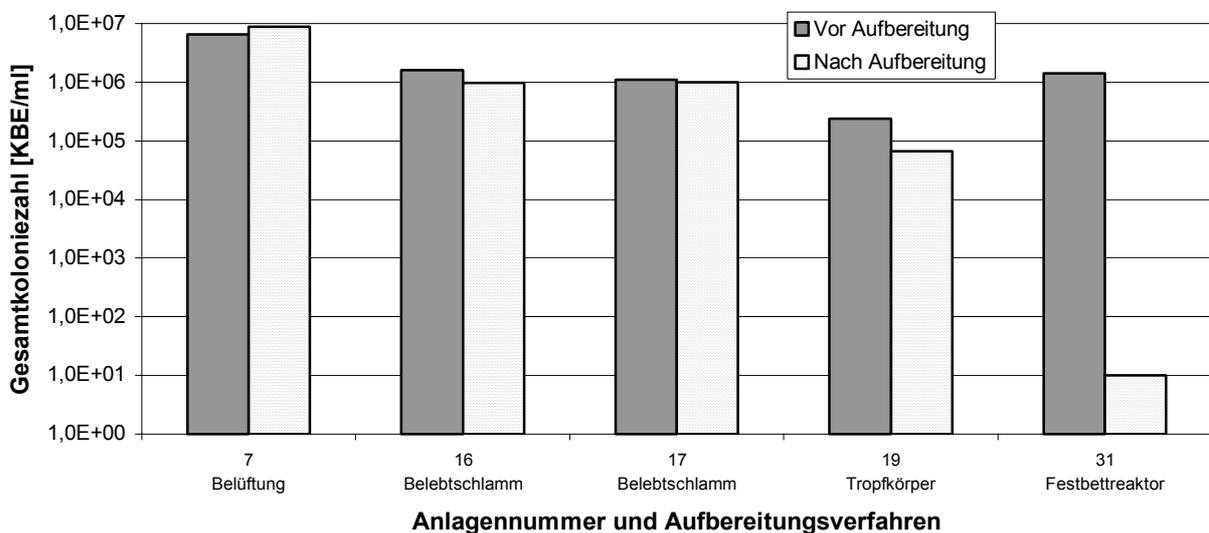
**Abb. 4: Gesamtkoloniezahl nach Wasseraufbereitung – Verteilung über alle untersuchten Betriebe**

- Zur Reduzierung der Gesamtkoloniezahl („Entkeimung“) wurden folgende chemische bzw. physikalische Verfahren eingesetzt: **Ozonierung, Einsatz von Wasserstoffperoxid** und anderer **Biozide, UV-Bestrahlung**.
- Die Ergebnisse zeigten mehrheitlich keine wesentliche Veränderung der mikrobiellen Belastung des Waschwassers durch die Wasseraufbereitung (Abb. 5).



**Abb. 5: Veränderung der Gesamtkoloniezahl durch chemische und physikalische Aufbereitungsverfahren**

- Eine leichte Reduzierung der Koloniezahl konnte bei etwa zwei Drittel (13 von 21) der beprobten Anlagen beobachtet werden. Lediglich bei drei Anlagen (Anlage 14, 30 und 31) war dabei eine Reduzierung um mehr als eine Zehnerpotenz feststellbar. Dem gegenüber war bei fast einem Drittel der Anlagen (6 von 21) die Koloniezahl nach der Aufbereitung höher als vor der Aufbereitung, davon in einem Fall um mehr als eine Zehnerpotenz (Anlage 10). Mögliche Gründe hierfür können z.B. im Einsatz ungeeigneter Entkeimungsmaßnahmen oder fehlerhafter Dosierungen liegen. Da die Veränderungen der Gesamtkoloniezahl - bis auf die beschriebenen Ausnahmen - insgesamt nur unwesentlich voneinander abweichen, dürfte es sich hierbei um die übliche Schwankungsbreite mikrobiologischer Untersuchungen handeln.
- Auch zwischen Anlagen mit Entkeimung und ohne Entkeimung waren keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Als Ergebnis bleibt somit festzuhalten, dass die Anwendung der eingangs genannten keimtötenden Maßnahmen nicht zwangsläufig zu der gewünschten Reduzierung der Mikroorganismenzahl führte.
- Beobachtungen bei den Vor-Ort-Untersuchungen haben gezeigt, dass der Wartungszustand einen erheblichen Einfluss auf die Mikroorganismen-Gesamtzahl im Betriebswasser einer Fahrzeugwaschanlage hat. Bei schlecht gepflegten oder falsch konzipierten Anlagen (z.B. unzureichend gewartete Filtersysteme oder Waschwasservolumen zu klein ausgelegt), kann es nach der Wasseraufbereitung zu einem vermehrten Wachstum von Mikroorganismen kommen.
- In allen Anlagen mit biologischer Aufbereitung blieb die Gesamtkoloniezahl nach der Aufbereitung auf annähernd gleichem Niveau bzw. war eine leichte Reduzierung der Koloniezahl feststellbar, auch ohne Einsatz weiterer chemischer oder physikalischer Entkeimungsverfahren (Abb. 6). Ein zusätzlicher Eintrag von Mikroorganismen bei Anlagen mit biologischer Aufbereitung findet demnach nicht statt.



**Abb. 6: Veränderung der Gesamtkoloniezahl bei Anlagen mit biologischer Stufe**

- Die Anlage 31 stellt einen Sonderfall dar, da der Hersteller gleichzeitig als Betreiber den optimalen Pflegezustand der Anlage gewährleistet. Voraussetzung für die wirksame UV-Behandlung ist ein ausreichend klares Wasser.

Eine generelle Empfehlung für eine UV-Behandlung des Fahrzeugwaschwassers kann aus diesem Einzelfall nicht abgeleitet werden.

#### 1.4 Identifizierte Mikroorganismen-Arten im Waschwasser

Die Bakterien, Hefen- und Schimmelpilzarten sind alphabetisch geordnet, nicht nach Häufigkeit des Vorkommens. Ob die Arten/Gattungen vor oder nach der Aufbereitung festgestellt wurden, findet in dieser Tabelle keine Berücksichtigung. Die Zuordnung zu Risikogruppen erfolgt gemäß der Technischen Regel für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 466 „Einstufung von Bakterien in Risikogruppen“ und TRBA 460 „Einstufung von Pilzen in Risikogruppen“ beziehungsweise der BG-Information (BGI) 633 „Sichere Biotechnologie – Einstufung biologischer Arbeitsstoffe: Bakterien“ und BGI 634 „633 „Sichere Biotechnologie – Einstufung biologischer Arbeitsstoffe: Pilze“.

**Tab. 7: Isolierte Bakterien, Schimmel-/ Hefepilze aus Fahrzeugwaschwasser**

	Risikogruppe 1	Risikogruppe 2
<b>Bakterien</b>	<i>Enterococcus casseliflavus</i> (+) <sup>9)</sup> <i>Klebsiella planticola</i> (+) <i>Micrococcus luteus</i> <i>Pseudomonas fluorescens</i> (+) <i>Pseudomonas putida</i> (+) <i>Staphylococcus xylosus</i> (+)	<i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aerococcus viridans</i> <i>Aeromonas sobria</i> <i>Citrobacter braakii</i> <i>Citrobacter freundii</i> <i>Citrobacter youngae</i> <i>Citrobacter koseri / farmeri</i> <i>Enterococcus avium</i> <i>Enterococcus faecalis</i> <i>Enterococcus faecium</i> <i>Enterococcus gallinarum</i> <i>Enterobacter sakazakii</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Morganella morganii</i> <i>Providencia rettgeri</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Serratia liquefaciens</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i>

<sup>9)</sup> (+) In Einzelfällen als Krankheitserreger nachgewiesen oder vermutet, überwiegend bei erheblich abwehrgeminderten Menschen.

Fortsetzung Tabelle 7:

	Risikogruppe 1	Risikogruppe 2
<b>Schimmel- / Hefepilze</b>	<i>Aspergillus niger</i> (+) <i>Aureobasidium pullulans</i> (Hefe) <i>Candida parapsilosis</i> (Hefe) (+) Cladosporium spp. Fusarium spp. (+) <i>Geotrichum candidum</i> (Hefe) (+) Mucor spp. (+) Phoma spp. Rhizopus spp. (+) Rhodotorula spp. (Hefe)	<i>Aspergillus fumigatus</i> (A) <sup>10)</sup>
<b>Weitere Bakterien und Schimmel- / Hefepilze, die auf der Gattungsebene nachgewiesen wurden und deren Arten sowohl in Risikogruppe 1 als auch in Risikogruppe 2 eingestuft sind:</b>		
<b>Bakterien</b>	Enterococcus spp. Klebsiella spp. Pantoea spp. Pseudomonas spp.	
<b>Schimmel-/ Hefepilze</b>	Aspergillus spp. Candida spp. (Hefe) Geotrichum spp. (Hefe) Penicillium spp. Phialophora spp. (Hefe) Exophiala spp. (Hefe)	

- ***Candida albicans*** (Risikogruppe 2), ein für den Menschen opportunistisch-pathogener Hefepilz mit möglicher allergener Wirkung (TRBA 460), konnte in keiner der daraufhin untersuchten Proben nachgewiesen werden.
- Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass auf Grund der Ansprüche von Pilzen an ihre Lebensbedingungen in Wasserproben eher Hefen als Schimmelpilze vorkommen. Bei einigen Fahrzeugwaschanlagen wurden auch so genannte „**schwarze Hefen**“ isoliert (z.B. in Anlage 12 bis zu 600 KBE/ml). Dabei handelt es sich um Schimmelpilze mit hefeartigem Wachstum und dunklen Pigmenteinlagerungen. Nach TRBA 460 sind die im Rahmen dieser Untersuchungsreihen nachgewiesenen „schwarzen Hefen“ ***Aureobasidium pullulans*** in Risikogruppe 1 eingestuft, während Spezies der Gattungen ***Exophiala*** und ***Phialophora*** sowohl in Risikogruppe 1 und 2 eingestuft sein können. Die „schwarzen Hefen“ können aufgrund ihrer oftmals massenhaften Vermehrung zur Biofilmbildung und nachfolgend technischen Problemen führen.

<sup>10)</sup> (A) = Im Anhang III der EG-Richtlinie 2000/54/EG mit „A – mögliche allergene Wirkung“ gekennzeichnet.

## 2. LUFTPROBEN

### 2.1. Koloniezahlen in Luftproben

Mit den unterschiedlichen Probenahmeverfahren (GSP = Filtration, AGI 30 = Impingement, MAS 100 = Impaktion) wurden Ergebnisse gemessen, die alle in derselben Größenordnung lagen. Das Impaktionsverfahren lieferte dabei die höchsten Gesamtkoloniezahlen.

**Tab. 8: Vergleich der Koloniezahlen (Bakterien) in der Luft im Arbeitsbereich zum Außenluft-Referenzwert**

Probenahme-system (Nähr-medium)	Arbeitsbereich Waschanlage (KBE/m <sup>3</sup> )					Außenluft (KBE/m <sup>3</sup> )				
	Min.	Max.	Median	Mittelwert	n	Min.	Max.	Median	Mittelwert	n
<b>GSP</b> (CaSo)	6,0x10 <sup>2</sup>	6,6x10 <sup>3</sup>	1,0x10 <sup>3</sup>	2,0x10 <sup>3</sup>	7	99	1,7x10 <sup>3</sup>	2,0x10 <sup>2</sup>	4,8x10 <sup>2</sup>	6
<b>AGI 30</b> (CaSo)	2,2x10 <sup>2</sup>	1,7x10 <sup>4</sup>	4,7x10 <sup>3</sup>	5,8x10 <sup>3</sup>	9	1,4x10 <sup>2</sup>	2,0x10 <sup>3</sup>	3,2x10 <sup>2</sup>	7,0x10 <sup>2</sup>	4
<b>MAS 100</b> (CaSo)	2,2x10 <sup>3</sup>	3,3x10 <sup>4</sup>	5,7x10 <sup>3</sup>	1,2x10 <sup>4</sup>	5	1,1x10 <sup>2</sup>	3,2x10 <sup>3</sup>	3,5x10 <sup>2</sup>	1,0x10 <sup>3</sup>	6
<b>AGI 30</b> (Blutagar)	4,9x10 <sup>3</sup>	4,2x10 <sup>5</sup>	9,2x10 <sup>3</sup>	1,4x10 <sup>5</sup>	3	n. d.				
<b>Temperatur</b> (°C)	Ø 25,5				2	Ø 26,8				2
<b>rel. Luftfeuchte</b> (Vol. %)	Ø 64,7				2	Ø 56,2				2

(n) = Anzahl der Proben  
n. d. = nicht durchgeführt

**Tab. 9: Vergleich der Koloniezahlen (Schimmelpilze) in der Luft im Arbeitsbereich zum Außenluft-Referenzwert**

Probe- nahme- system (Nähr- medium)	Arbeitsbereich Waschanlage (KBE/m <sup>3</sup> )					Außenluft (KBE/m <sup>3</sup> )				
	Min.	Max.	Median	Mittel- wert	n	Min.	Max.	Median	Mittel- wert	n
<b>GSP</b> (DG 18) (MEA)	1,0x10 <sup>3</sup>	2,6x10 <sup>3</sup>	1,7x10 <sup>3</sup>	1,7x10 <sup>3</sup>	4	7,3x10 <sup>2</sup>	3,0x10 <sup>3</sup>	1,9x10 <sup>3</sup>	1,9x10 <sup>3</sup>	4
	7,7x10 <sup>2</sup>	2,6x10 <sup>3</sup>	1,4x10 <sup>3</sup>	1,6x10 <sup>3</sup>	3	5,3x10 <sup>2</sup>	2,6x10 <sup>3</sup>	2,0x10 <sup>3</sup>	1,8x10 <sup>3</sup>	6
<b>AGI 30</b> (MEA)	82	3,9x10 <sup>3</sup>	1,4x10 <sup>3</sup>	1,6x10 <sup>3</sup>	11	8,4x10 <sup>2</sup>	2,1x10 <sup>3</sup>	1,9x10 <sup>3</sup>	1,8x10 <sup>3</sup>	5
<b>MAS 100</b> (DG 18) (MEA)	2,4x10 <sup>3</sup>	5,7x10 <sup>3</sup>	4,1x10 <sup>3</sup>	4,1x10 <sup>3</sup>	6	8,0x10 <sup>2</sup>	9,2x10 <sup>3</sup>	6,2x10 <sup>3</sup>	5,7x10 <sup>3</sup>	6
	4,0x10 <sup>2</sup>	4,1x10 <sup>3</sup>	3,4x10 <sup>3</sup>	3,0x10 <sup>3</sup>	6	5,2x10 <sup>2</sup>	6,9x10 <sup>3</sup>	5,3x10 <sup>3</sup>	4,6x10 <sup>3</sup>	6
<b>Tempe- ratur (°C)</b>	Ø 25,5					Ø 26,8				
<b>rel. Luft- feuchte (Vol. %)</b>	Ø 64,7					Ø 56,2				

(n) = Anzahl der Proben

- Betrachtet man die Ergebnisse, die mit den drei unterschiedlichen Messverfahren erhoben wurden gemeinsam, ergibt sich sowohl für die mittlere Konzentration als auch für den Median, dass die **Gesamtkoloniezahl Bakterien** in der Luft im Arbeitsbereich der Waschanlage durchschnittlich um etwa eine Zehnerpotenz **höher** lag als in der Außenluft, während die **Gesamtkoloniezahl Schimmelpilze** im Arbeitsbereich der Waschanlage und in der Außenluft dahingegen in der selben Größenordnung war.

**Tab. 10: Mikrobielle Belastung im Arbeitsbereich im Vergleich zur Außenluft**

	Arbeitsbereich (KBE/m <sup>3</sup> )		Außenluft (KBE/m <sup>3</sup> )
<b>BAKTERIEN</b>			
Median	4,7 x 10 <sup>3</sup>	5,2 x 10 <sup>3</sup> (incl. Proben auf Blutagar)	3,2 x 10 <sup>2</sup>
Mittelwert	6,6 x 10 <sup>3</sup>	4,0 x 10 <sup>4</sup> (incl. Proben auf Blutagar)	7,3 x 10 <sup>2</sup>
<b>SCHIMMELPILZE</b>			
Median	1,7 x 10 <sup>3</sup>		2,0 x 10 <sup>3</sup>
Mittelwert	2,4 x 10 <sup>3</sup>		3,2 x 10 <sup>3</sup>

- Innerhalb der Waschanlage wurden stets **höhere Bakterienkoloniezahlen als Schimmelpilzkoloniezahlen und höhere Bakterienkoloniezahlen als in der Außenluft** gemessen. Es ist davon auszugehen, dass die im Arbeitsbereich der Waschanlage festgestellten Bakterien aus dem Waschwasser stammen bzw. mit den Fahrzeugen eingetragen werden und während des Waschprozesses durch Aerosolbildung mit den Wassertröpfchen in die Luft des Arbeitsbereichs gelangen. Ergebnisse der LafA NRW, Düsseldorf aus Untersuchungen mit Abklatschproben von Wänden im Spritzwasserbereich der Fahrzeugwaschkabinen bestätigen diese Annahme.

- Die Schimmelpilzkonzentrationen in der Außenluft liegen in einem für die Sommermonate üblichen Bereich. Im Mittel beträgt die Grundbelastung der Außenluft  $10^2$  bis  $10^3$  KBE/m<sup>3</sup> Luft an vermehrungsfähigen Bakterien beziehungsweise Pilzen. In den Sommermonaten können jedoch Spitzenwerte von mehreren 10.000 KBE/m<sup>3</sup> vor allem an Schimmelpilzsporenkonzentrationen erreicht werden. In einem Kommentar zur Biostoffverordnung findet man zur allgemeinen Grundbelastung der Umgebungsluft die folgenden Angaben, die als Orientierungswerte herangezogen werden können:

**Tab. 11: Konzentration luftgetragener Mikroorganismen in natürlichen Umgebungen (aus: Klein, Pipke, Allescher „Biostoffverordnung – Kommentar“, Carl-Heymanns-Verlag, 1. Auflage 2000)**

	Ort		
	auf dem Land	in der Stadt	in Innenräumen
<b>Bakterien</b> (KBE/m <sup>3</sup> )	$5 \times 10^1$ bis $10^4$	$10^1$ bis $10^3$	$10^2$ bis $5 \times 10^2$
<b>Pilzsporen</b> (KBE/m <sup>3</sup> )	$2 \times 10^2$ bis $7 \times 10^3$	bis $10^3$	$6 \times 10^1$ bis $5 \times 10^2$

## 2.2. Identifizierte Schimmel- / Hefepilzarten in Luftproben

(Bakterien wurden in den Luftproben nicht identifiziert.)

Die Hefe- und Schimmelpilzarten sind alphabetisch geordnet, nicht nach Häufigkeit des Vorkommens. Die Zuordnung zu Risikogruppen erfolgt gemäß der TRBA 460 „Einstufung von Pilzen in Risikogruppen“ beziehungsweise BG-Information (BGI) 634 „Sichere Biotechnologie – Einstufung biologischer Arbeitsstoffe: Pilze“.

**Tab. 12: Aus der Luft des Arbeitsbereichs von Fahrzeugwaschanlagen und aus der Außenluft isolierte Schimmel-/ Hefepilze**

	Risikogruppe 1	Risikogruppe 2
<b>Arten / Gattungen, die sowohl im Arbeitsbereich der Waschanlage als auch in der Außenluft gefunden wurden</b>	<i>Alternaria</i> spp. (+) <sup>11)</sup> <i>Aspergillus niger</i> (+) <i>Aspergillus versicolor</i> (+) <i>Botrytis</i> spp. <i>Cladosporium</i> spp. <i>Epicoccum nigrum</i> <i>Eurotium</i> spp. <i>Fusarium</i> spp. (+)	<i>Aspergillus fumigatus</i> (A) <sup>12)</sup>
<b>Arten / Gattungen, die <u>nur im Arbeitsbereich</u> der Waschanlage gefunden wurden</b>	<i>Chaetomium</i> spp. <i>Mucor hiemalis</i> <i>Phoma</i> spp. <i>Talaromyces</i> spp. <i>Trichoderma harzianum</i>	
<b>Arten / Gattungen, die <u>nur in der Außenluft</u> gefunden wurden</b>	<i>Absidia</i> spp. (+) <i>Aureobasidium pullulans</i> (Hefe) <i>Thermomyces</i> spp.	<i>Aspergillus flavus</i>
<b>Weitere Pilze / Hefepilze, die auf der Gattungsebene sowohl im Arbeitsbereich der Waschanlage als auch in der Außenluft nachgewiesen wurden und deren Arten sowohl in Risikogruppe 1 als auch in Risikogruppe 2 eingestuft sind:</b>		
<i>Aspergillus</i> spp. <i>Penicillium</i> spp.		

- Die Angaben beziehen sich auf Untersuchungen in drei Fahrzeugwaschanlagen. Zum Einsatz kamen jeweils drei unterschiedliche Probenahmeverfahren (Filtrationsverfahren, Impaktionsverfahren und Impinger). Schimmelpilzarten, die in jeder der untersuchten Proben unabhängig vom Probenahmeverfahren nachgewiesen werden konnten waren Vertreter der Gattungen: **Cladosporium**, **Penicillium**, **Botrytis** und **Alternaria**. Dabei handelt es sich um Arten, die in der Umwelt weitverbreitet sind und zum typischen Spektrum von Außenluftproben zählen.

<sup>11)</sup> (+) In Einzelfällen überwiegend bei erheblich abwehrgeschwächten Menschen als Krankheitserreger nachgewiesen oder vermutet.

<sup>12)</sup> (A) Im Anhang III der EG-Richtlinie 2000/54/EG mit „A – mögliche allergene Wirkung“ gekennzeichnet.

- Die Menge an Schimmelpilzen und die Zusammensetzung der Schimmelpilzarten in der Außenluft und innerhalb der Waschhalle war annähernd gleich. Es ist somit davon auszugehen, dass die im Innenraum gefundenen Schimmelpilze überwiegend aus dem Außenbereich eingetragen werden und nicht aus dem Waschwasser in die Luft gelangen. Hefepilze hingegen konnten überwiegend im Waschwasser nachgewiesen werden.

## Vergleich der Messergebnisse mit Grenz- und Orientierungswerten aus dem Bereich der „Wasserbewertung / Wasseraufbereitung“

**Tab. 13: Übersicht über Grenz- und Richtwerte aus dem Bereich der „Wasserbewertung / Wasseraufbereitung“ im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen in Fahrzeugwaschanlagen**

	EG-RL „Badegewässer“ <sup>13)</sup> (KBE / 100 ml)	TrinkwV <sup>14)</sup>	ÖNORM B 5107 <sup>15)</sup>	Messergebnisse (Median) Fahrzeugwaschanlagen (KBE / ml)	
				vor Aufbereitung	nach Aufbereitung
<b>Gesamt- koloniezahl</b>	k.A. <sup>16)</sup>	100 KBE / 1 ml (Grenzwert)	≤ 100.000 KBE / ml <sup>17)</sup>	750.000 <sup>18)</sup> (Bakterien)	390.000 (Bakterien)
<b>E. coli<sup>19)</sup></b>	k.A.	0 KBE / 100 ml (Grenzwert)	< 2.000 KBE / 100 ml	11.000	6.000
<b>Gesamt- coliforme</b>	500 (Richtwert) 10.000 (Grenzwert)	0 KBE / 100 ml (Grenzwert)	k.A.	110.000	80.000
<b>Fäkal- coliforme (als <i>E. coli</i> bestimmt)</b>	100 (Richtwert) 2.000 (Grenzwert)	k.A.	k.A.	(s. <i>E. coli</i> )	(s. <i>E. coli</i> )
<b>Fäkalstrepto- kokken<sup>20)</sup></b>	100 (Richtwert)	0 KBE / 100 ml (Grenzwert)	k.A.	950	90
<b>Salmonellen</b>	0 (Grenzwert)	k.A.	k.A.	0	0
<b>Legionellen</b>	k.A.	k.A.	k.A.	0	0
<b>pH-Wert</b>	k.A.	k.A.	6,5 – 9,5	7,3	7,2

<sup>13)</sup> EG-Richtlinie „Qualitätsanforderungen an Badegewässer“ (76/160/EWG)

<sup>14)</sup> Trinkwasser-Verordnung 2001

<sup>15)</sup> Wasserrecyclinganlagen für Fahrzeug-Waschanlagen vom 01. Oktober 2000, Österreichisches Normungsinstitut (ON)

<sup>16)</sup> k. A. = keine Angaben

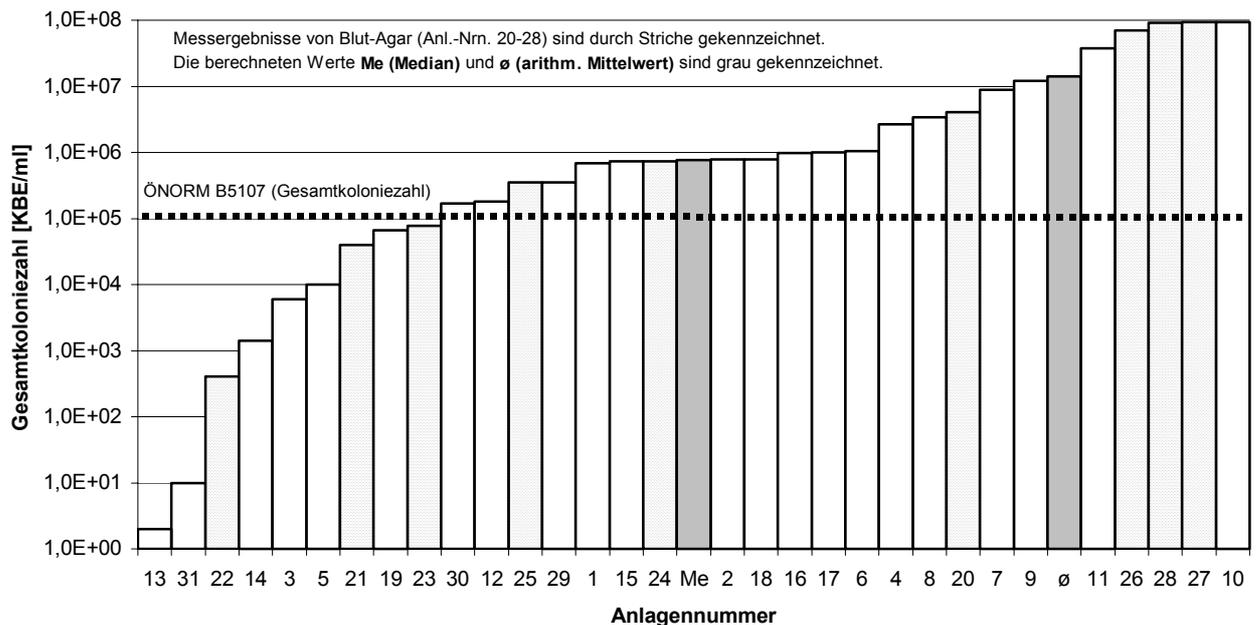
<sup>17)</sup> Kultivierungsbedingungen: DEV-Agar, 22 °C, 48 Stunden

<sup>18)</sup> Kultivierungsbedingungen: DEV-Agar, 22 °C, 48 Stunden

<sup>19)</sup> Nährboden MacConkey

<sup>20)</sup> *Enterococcus faecalis*, *E. faecium* (beide Risikogruppe 2)

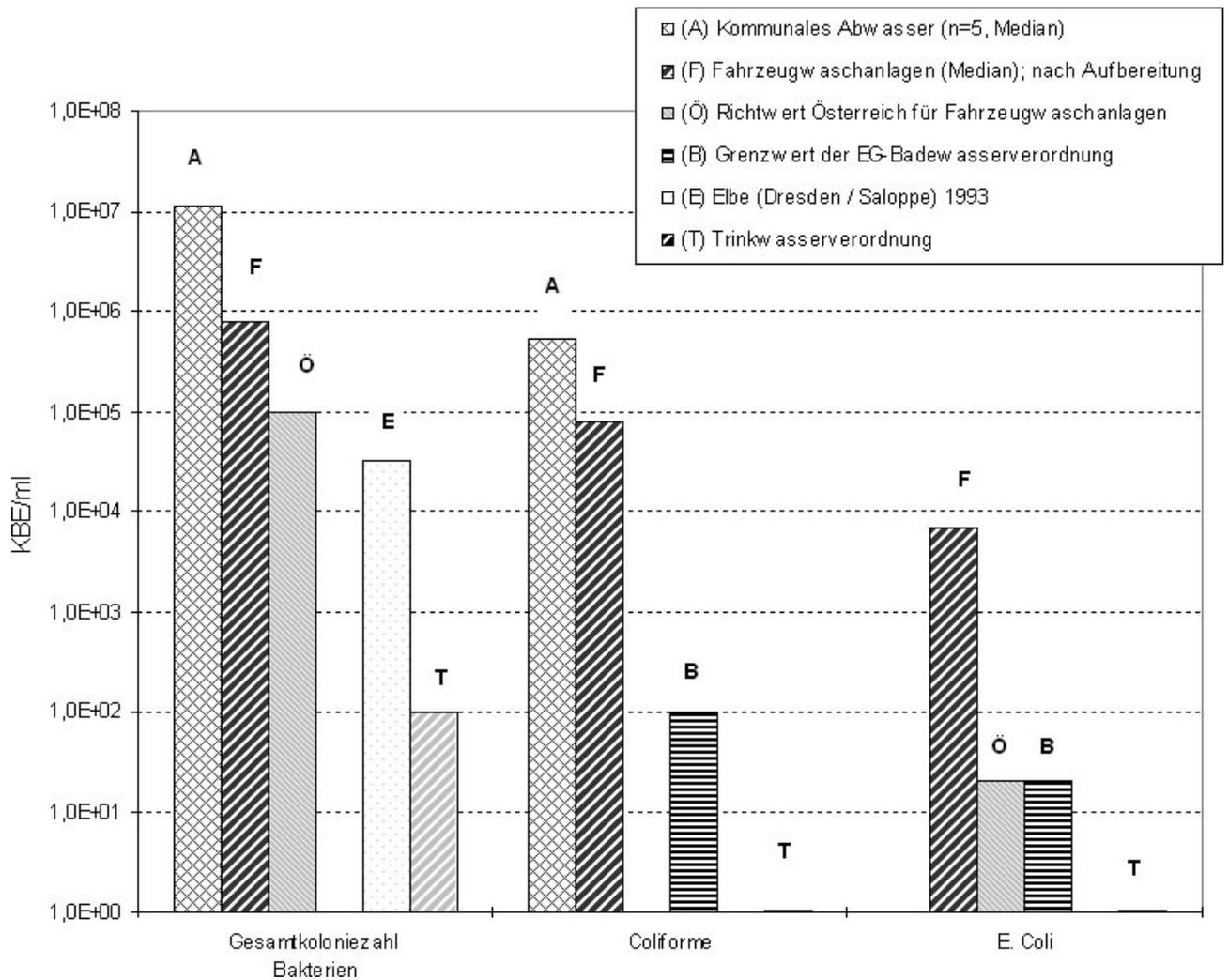
- Die in der ÖNORM B 5107 geforderten Werte für Recyclingwasser in Fahrzeugwaschanlagen wurden im Rahmen der Untersuchungsreihen in der Regel nicht eingehalten (Abb. 7).
- Lediglich bei einem Betrieb (Anlage Nr. 22) waren die von der ÖNORM geforderten Werte (Waschwasser nach der Aufbereitung) sowohl für die Gesamtkoloniezahl ( $\leq 100.000$  KBE / ml) als auch für *E. coli* ( $< 2.000$  KBE / 100 ml) eingehalten; bei 9 Betrieben war zumindest die geforderte Gesamtkoloniezahl nach der Aufbereitung eingehalten.



**Abb. 7: Vergleich der Messergebnisse (Gesamtkoloniezahl nach Wasseraufbereitung) mit der ÖNORM B 5107**

Fazit:

- Die in der ÖNORM konkretisierten hygienischen Anforderungen wurden in der vorliegenden Untersuchung von den meisten Betrieben nicht eingehalten. Etwas mehr als ein Drittel der Betriebe unterschreitet zwar den Richtwert für die Gesamtkoloniezahl, aber lediglich nur ein Betrieb hätte die Anforderung der ÖNORM vollständig eingehalten. Während eine Gesamtkoloniezahl von  $10^5$  KBE/ml bei entsprechenden Wartungs- und Pflegemaßnahmen als durchaus realisierbar erscheint, wird die Anforderung von  $< 2.000$  KBE/100 ml für *E. coli* als nicht einhaltbar angesehen.

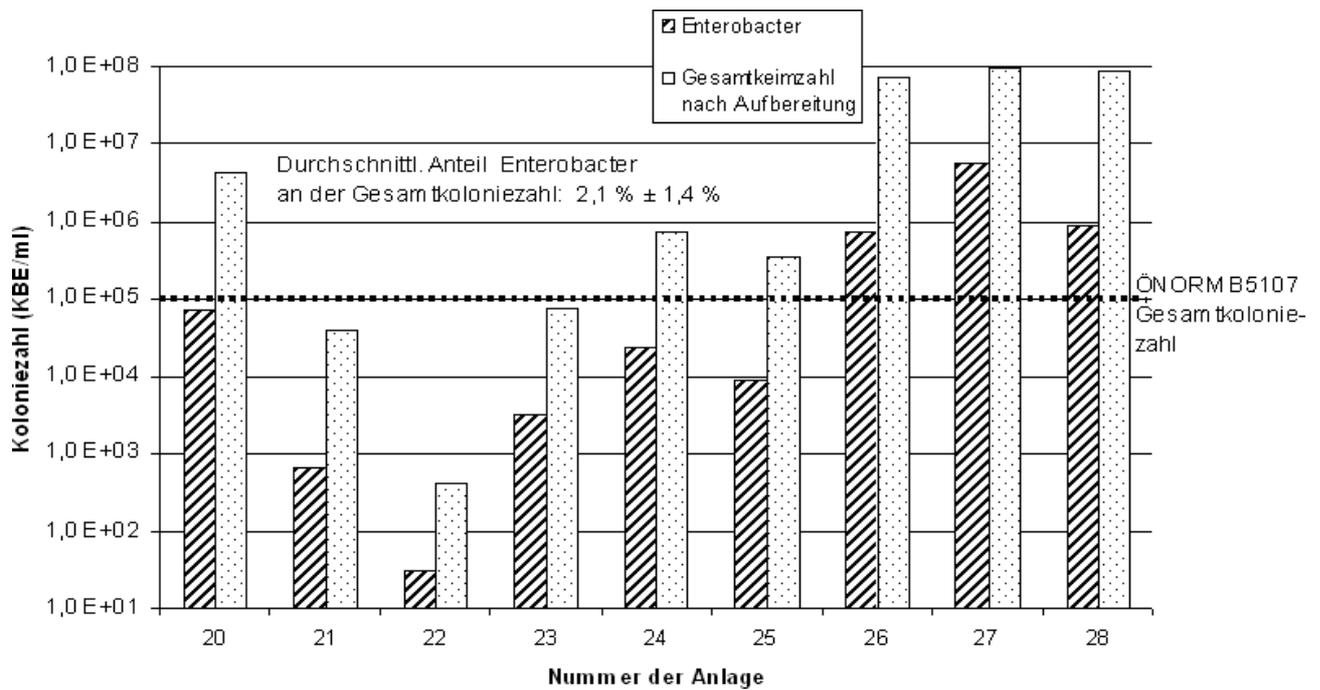


**Abb. 8: Vergleich der Messergebnisse (Gesamtkeimzahl nach Wasseraufbereitung) mit anderen Bakterienkonzentrationen (Messwerte zu (A)<sup>21</sup>, (E)<sup>22</sup>)**

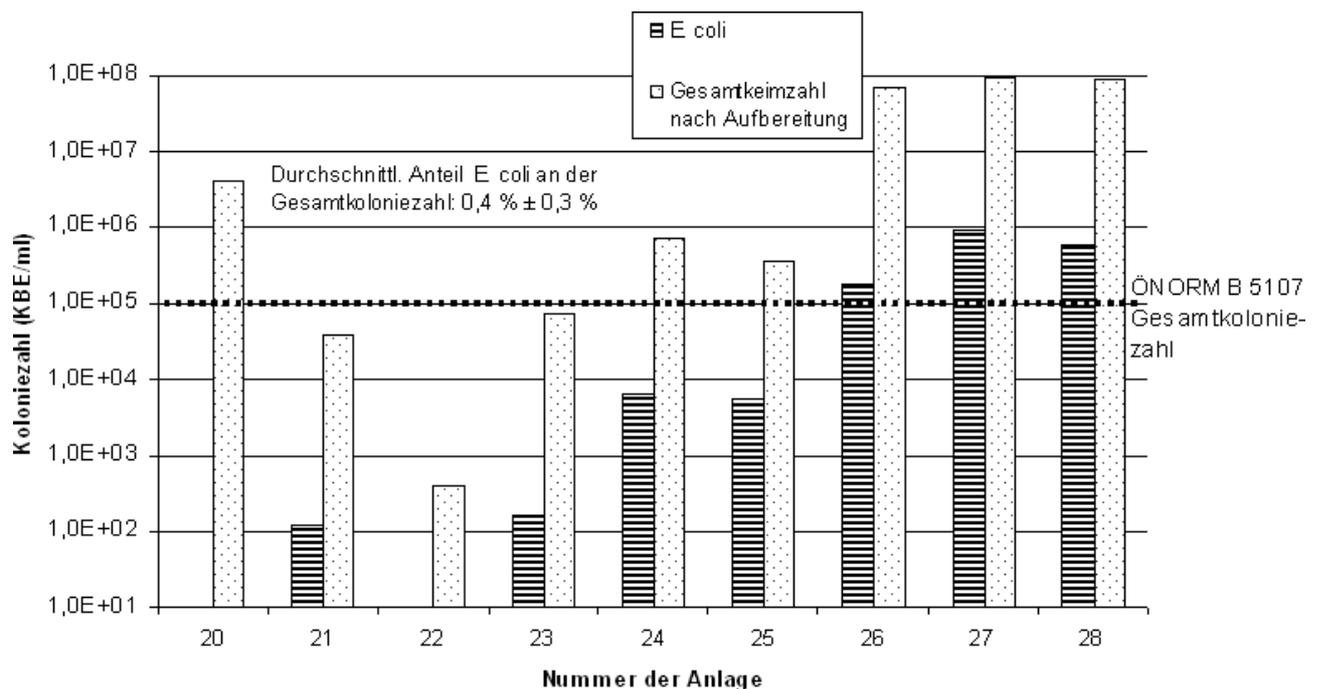
- Die Belastung des Waschwassers in Fahrzeugwaschanlagen mit weitverbreitet vorkommenden Fäkalkeimen (z.B. *E. coli*, Coliforme, Enterokokken), die in der Gewässer-/ Abwasserbiologie als (Fäkal-) Indikatoren von Bedeutung sind, ist im Durchschnitt ebenfalls recht hoch (Abb. 8). Auch die Koloniezahlen von *E. coli* (auf MacConkey-Nährboden) lagen nach der Wasseraufbereitung im Durchschnitt mit 6.000 KBE/ml deutlich über dem von der ÖNORM geforderten Wert von < 2.000 KBE/100 ml (= 20 KBE/ml).

<sup>21)</sup> Endbericht zu den Untersuchungen über die „Infektionsgefahr durch Austrag von Krankheitserregern aus Einsteigschächten von Kanalisationen durch Aerosole“ im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, KT Institut für Kanalisationstechnik, Gelsenkirchen, 2000

<sup>22)</sup> Petzold, „Entwicklung der bakteriologischen Situation in der Elbe und im Uferfiltrat der Elbe unter dem Aspekt der Trinkwassergewinnung“, Forschungsprojekt des DVGW-Technologiezentrum Wasser Karlsruhe, Außenstelle Dresden, Schriftenreihe Wasserforschung 1, Dresden 1995



**Abb. 9 a): Vorkommen von Enterobacter spp. im Vergleich zur Gesamtkoloniezahl (nach der Wasseraufbereitung)**



**Abb. 9 b): Vorkommen von *E. coli* im Vergleich zur Gesamtkoloniezahl (nach der Wasseraufbereitung)**

- Differenzierungen einzelner Gattungen und Spezies konnten zum einen nicht für alle Proben durchgeführt werden und waren zum anderen auch nicht immer auswertbar. Für *E. coli* und die Gattung Enterobacter, beide Vertreter der Coliformen, konnte zumindest für den Teil der untersuchten Proben eine direkte Korrelation zur Gesamtkoloniezahl festgestellt werden (Abb. 9 a.) und b.): Je höher die Gesamtkoloniezahl lag, umso höher waren auch die Werte für *E. coli* und Enterobacter.

Aufgrund dieser Ergebnisse wäre eine möglichst niedrige Gesamtkoloniezahl des Waschwassers empfehlenswert, da somit auch hygienisch relevante Organismen, wie *E. coli* oder andere Coliforme, in entsprechend geringerer Anzahl vorkommen.

## Umsetzung der Biostoffverordnung (BioStoffV)

Im Betriebswasser von Fahrzeugwaschanlagen sind **biologische Arbeitsstoffe** (Mikroorganismen) vorhanden; nachgewiesen wurden Bakterien, Hefen und Schimmelpilze. Im Rahmen des Projektes nicht untersucht wurden Viren, Einzeller und Endoparasiten. Beim Umgang mit kreislaufgeführtem Wasser in Fahrzeugwaschanlagen handelt es sich nach BioStoffV um **nicht gezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen**, da kein geplantes Verwenden definierter Mikroorganismenspezies vorliegt und Art, Ausmaß und Dauer der Exposition gegenüber den Mikroorganismen nicht hinreichend bekannt oder abschätzbar sind. Der Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen tritt sozusagen als unvermeidbare, natürliche Begleiterscheinung auf und stellt nicht den eigentlichen Sinn und Zweck der Tätigkeit dar.

Gezielte Tätigkeiten nach BioStoffV liegen nur dann vor, wenn

- biologische Arbeitsstoffe mindestens der Spezies nach bekannt sind,
- die Tätigkeiten auf einen oder mehrere biologische Arbeitsstoffe unmittelbar ausgerichtet sind und
- die Exposition der Beschäftigten im Normalbetrieb hinreichend bekannt oder abschätzbar ist.

Eine solche gezielte Tätigkeit stellt für den betrachteten Bereich einzig das Animpfen einer biologischen Wasseraufbereitungsanlage mit definierten Mikroorganismen in bekannter Menge dar, z. B. als Starterkultur beim Erstbetrieb einer solchen Anlage oder zur Stabilisierung einer Anreicherungskultur. Handelt es sich dabei ausschließlich um Mikroorganismen der Risikogruppe 1 ohne sensibilisierende oder toxische Eigenschaften ist die Tätigkeit der Schutzstufe 1 zuzuordnen; die Maßnahmen der TRBA 500 „Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen“ sind anzuwenden.

Werden Mikroorganismen der Risikogruppe 2 eingesetzt, ist die Tätigkeit der Schutzstufe 2 zuzuordnen. Über die Maßnahmen der Schutzstufe 1 hinaus sind die Schutz- und Hygienemaßnahmen der §§ 10 und 11 der BioStoffV und die besonderen Sicherheitsmaßnahmen des Anhang III zu beachten. Darüber hinaus besteht Anzeigepflicht nach § 13 BioStoffV.

Die Zuordnung einer Schutzstufe beim Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen erfolgt in Abhängigkeit von der Höhe der Infektionsgefährdung. Bei **nicht gezielten Tätigkeiten** wird diese bestimmt durch

- das Infektionspotential der relevanten Mikroorganismen oder Mikroorganismengruppen,
- die Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieser Mikroorganismen /-gruppen sowie deren Menge und Konzentration und
- die zu erwartende Expositionssituation bei der zu beurteilenden Tätigkeit.

Die nachgewiesenen Mikroorganismen aus dem Fahrzeugwaschwasser und den Luftproben in den Wasshallen sind in die Risikogruppen 1 oder 2 eingestuft. In jeder untersuchten Probe konnten Mikroorganismen der Risikogruppe 2 gefunden werden; über eine prozentuale Verteilung der Risikogruppen kann jedoch keine Aussage getroffen werden .

Bei nicht gezielten Tätigkeiten bestimmt die für eine Gefährdung maßgebliche Risikogruppe die Zuordnung zur Schutzstufe; es muss sich dabei nicht zwangsläufig um die höchste Risikogruppe handeln.

Bei der Zuordnung einer Schutzstufe für die jeweiligen Tätigkeiten in Fahrzeugwaschanlagen ist die Entscheidung somit zwischen Schutzstufe 1 oder 2 zu treffen, da weitere zu beachtende Gefährdungen, die eine höhere Schutzstufe erforderlich machen würden, nicht vorliegen.

Toxische und sensibilisierende Wirkungen haben keinen Einfluss auf die Zuordnung zu einer Schutzstufe, erfordern aber gegebenenfalls weitergehende Schutzmaßnahmen. Da im Bereich der Fahrzeugwasshallen keine im Vergleich zur Außenluft höhere Konzentration an allergologisch relevanten Schimmelpilzen / -pilzsporen nachgewiesen wurde, ist nicht von einem erhöhten Sensibilisierungs- / Allergierisiko auszugehen (siehe Tab. 10).

Von der höchsten potentiellen Gefährdung durch Mikroorganismen muss bei der inhalativen Aufnahme von Bioaerosolen aus dem Waschwasser ausgegangen werden. Wie die Untersuchungsergebnisse zeigen, ist die Luft im Bereich der Waschhalle mit Bakterien höher belastet als die Außenluft (siehe Tab. 10). Es ist davon auszugehen, dass es sich um die gleichen Bakterien handelt, die auch im Waschwasser identifiziert wurden.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse erlauben keine Aussage zum quantitativen Vorkommen einzelner Bakterienarten innerhalb einer Fahrzeugwaschanlage. Aus dem Vergleich der Artenspektren aller untersuchten Anlagen wird jedoch deutlich, dass insgesamt in Fahrzeugwaschanlagen Bakterienarten, die der Risikogruppe 2 zugeordnet werden häufiger vorkommen als solche, die in Risikogruppe 1 eingestuft sind (siehe Tab. 7).

**Daher sind alle Tätigkeiten, die mit einer starken Aerosolbildung verbunden sind oder im Bereich einer starken Vernebelung von mikrobiell belastetem Brauchwasser erfolgen, der Schutzstufe 2 zuzuordnen. Alle anderen Tätigkeiten können der Schutzstufe 1 zugeordnet werden.**

Beispiele für nicht gezielte Tätigkeiten der Schutzstufe 2 sind:

Wartungs- und Reinigungsarbeiten mit Hochdruckreinigern an Teilen der Brauchwasseraufbereitungsanlage oder in der Waschhalle, Vorreinigung der Kraftfahrzeuge mit Hochdruckreinigern, die nicht mit Frischwasser befüllt sind, Kontrollgänge bei laufender Waschanlage.

## Schutzmassnahmen

- Schutzmaßnahmen für nicht gezielte Tätigkeiten der Schutzstufe 1 sind die Maßnahmen der TRBA 500; für nicht gezielte Tätigkeiten der Schutzstufe 2 sind zusätzlich die Maßnahmen der §§ 10 und 11 und die Sicherheitsmaßnahmen des Anhangs III der BioStoffV zu beachten.

Schutzmaßnahmen, die sich direkt aus den Untersuchungsergebnissen ableiten lassen:

- Manuell betriebene Hochdruckreiniger, z.B. zur Vorreinigung von Fahrzeugen, dürfen nur mit Leitungswasser befüllt bzw. betrieben werden. Sofern die Geräte über längere Zeit nicht genutzt werden, ist darauf zu achten, dass im Gerät vorhandene Wasserreservoirs vollständig entleert werden.  
(Literatur: Treder, Tilkes, Eikmann „Mikrobiologische Befunde aus Untersuchungen von Autowaschkabinen“, Umweltmedizin in Forschung und Praxis, Band 6, Nr. 1, 2001, ecomed)
- Dauerarbeitsplätze sollten nicht im Bereich der Waschhalle mit starken Vernebelung von Brauchwasser (Bioaerosolbildung) eingerichtet sein.
- Bei Service-, Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten in Fahrzeugwaschanlagen mit Gefahr einer Durchnässung ist auf eine wasserfeste persönliche Schutzausrüstung zu achten: Schutzhandschuhe, Schutzschuhe (gegebenenfalls Gummistiefel), Gummischürze.
- Bei starker Vernebelung von Brauchwasser, beispielsweise bei Wartungs-, Reparaturarbeiten an laufenden Anlagen sowie bei der Gefahr von Spritzwasserbildung, sollten zusätzlich auch Schutzbrille und filtrierende Atemschutzmaske (Partikelfilter 2) getragen werden.

Eine ausführliche Auflistung von Schutzmaßnahmen ist in der bei der Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen erhältlichen Broschüre „Fahrzeugwaschanlagen – Handlungshilfe zur Umsetzung der Biostoffverordnung“ enthalten.

## Zusammenfassung

1. Bei Fahrzeugwaschwasser handelt es sich um Brauchwasser (Recyclingwasser), das weder Badewasser- noch Trinkwasserqualität besitzt. Dies ist für den Verwendungszweck auch nicht erforderlich.
2. Die Untersuchungsergebnisse lassen keinen Vorteil eines bestimmten Wasseraufbereitungsverfahrens gegenüber anderen hinsichtlich der Reduzierung des Mikroorganismengehaltes im Wasser erkennen.
3. In den meisten Fällen war nach Aufbereitung des Waschwassers eine Verbesserung des Geruchs und Aussehens feststellbar. Dennoch lässt die Beschaffenheit des Waschwassers keine Rückschlüsse auf einen Befall mit Mikroorganismen zu. Auch in Aussehen und Geruch unauffälliges Washwasser kann mikrobiell kontaminiert sein.
4. Bei den nachgewiesenen Mikroorganismen im Fahrzeugwaschwasser handelt es sich um Bakterien, Hefen und Schimmelpilze, die in die Risikogruppen 1 und 2 eingestuft sind.
5. Die Gesamtkoloniezahl Bakterien nach Aufbereitung des Waschwassers in Fahrzeugwaschanlagen lag bei der Mehrzahl der Betriebe im Bereich von  $10^5$  –  $10^6$  KBE/ml. Schimmelpilze spielen keine, Hefen eine nur untergeordnete Rolle im Hinblick auf das Vorkommen biologischer Arbeitsstoffe.
6. Bakterien sind mit durchschnittlich  $10^5$  KBE/ml vorherrschend in Wasserproben gegenüber Pilzen mit  $10^2$  KBE/ml. Hefepilze werden dabei im Vergleich zu Schimmelpilzen - vor allem vor der Wasseraufbereitung - häufiger festgestellt.
7. Die in wässrigen Systemen kritischsten Mikroorganismen im Hinblick auf eine Gesundheitsgefährdung in Fahrzeugwaschanlagen, Salmonellen und Legionellen, waren in keiner Probe nachweisbar. Ebenso wurde der Hefepilz *Candida albicans* in keiner der untersuchten Proben nachgewiesen.
8. Der Wartungszustand hat offenbar einen Einfluss auf die Gesamtzahl der Mikroorganismen im Betriebswasser einer Fahrzeugwaschanlage. Bei schlecht gepflegten Anlagen, vor allem bei unzureichend gewarteten Filtersystemen, kann es nach der Wasseraufbereitung sogar zu einem vermehrten Wachstum von Mikroorganismen kommen.
9. Bei Anlagen mit biologischer Aufbereitung (z.B. Belüftung, Belebungsbecken, Füllkörper) blieb die Koloniezahl durch die Aufbereitung unverändert bzw. wurde sogar leicht reduziert auch ohne weitere chemische oder physikalische Entkeimungsverfahren. Ein unerwünschter zusätzlicher Eintrag von Mikroorganismen in das Washwasser findet somit nicht statt.
10. Während die Gesamtkoloniezahl Schimmelpilze im Arbeitsbereich der Waschanlage und in der Außenluft mit  $10^3$  KBE/m<sup>3</sup> annähernd gleich war, lag die Gesamtkoloniezahl Bakterien in der Luft des Arbeitsbereichs der Waschanlage mit  $10^3$  KBE/m<sup>3</sup> durchschnittlich um etwa eine Zehnerpotenz höher als in der Außenluft ( $10^2$  KBE/m<sup>3</sup>). Der Arbeitsbereich in der Waschanlage zeigt somit eine deutliche Belastung der Atemluft mit Bakterien.
11. Aufgrund der Ergebnisse der Luftmessungen ist davon auszugehen, dass durch den Waschprozess hauptsächlich Bakterien aus dem Washwasser als Bioaerosol in die Luft eingetragen werden, während die im Innenraum vorhandenen Schimmelpilze überwiegend aus der Außenluft stammen.

12. Die Untersuchungsergebnisse ließen keinen Vorteil eines bestimmten Verfahrens zur Reduktion der Mikroorganismenzahl erkennen. Die Anwendung von keimtötenden Maßnahmen wie UV-Bestrahlung, Ozonierung oder die Zudosierung von H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> beziehungsweise Konservierungsmitteln führt nicht zwangsläufig zu einer Reduzierung der Mikroorganismenzahl.
  
13. Bei Arbeiten in Fahrzeugwaschanlagen (z.B. Wartung, Instandsetzung, Reinigung) mit Kontakt zu mikrobiell belastetem Waschwasser handelt es sich gemäß BioStoffV um nicht gezielte Tätigkeiten mit Mikroorganismen der Risikogruppe 1 und 2. Tätigkeiten, die mit einer starken Aerosolbildung verbunden sind oder im Bereich einer starken Vernebelung von Brauchwasser erfolgen, sind der Schutzstufe 2 zuzuordnen. Alle anderen Tätigkeiten können der Schutzstufe 1 zugeordnet werden.

## Glossar

Die im folgenden genannten Begriffe werden im Rahmen des Ergebnisberichtes wie folgt definiert. Es handelt sich dabei nicht zwangsläufig um die offizielle, wortgetreue bzw. vollständige Definition !

<b>Belebungsverfahren</b>	(früher: Belebtschlammverfahren) Verfahren zur biologischen Abwasserreinigung, bei dem belebter Schlamm mit Abwasser durchmischt, anschließend abgetrennt und zum großen Teil als Rücklaufschlamm wieder zurückgeführt wird (Definition gemäß DIN 4045 Abwassertechnik - Begriffe)
<b>Betriebswasser</b>	Gewerblichen, industriellen, landwirtschaftlichen oder ähnlichen Zwecken dienendes Wasser mit unterschiedlichen Güte-eigenschaften, worin Trinkwassereigenschaft eingeschlossen sein kann (Definition gemäß DIN 4046 Wasserversorgung – Fachausdrücke und Begriffserklärungen).
<b>Bioaerosol</b>	Mikroorganismen oder Bestandteile von Mikroorganismen als feinste Partikel oder in Wassertröpfchen in der Luft verteilt.
<b>Biofilm</b>	Vergesellschaftung von Mikroorganismen zu einem Belag, der filmartig Materialoberflächen überwächst.
<b>Biologische Arbeitsstoffe</b>	Der Begriff der biologischen Arbeitsstoffe ist in der BioStoffV (§ 2) abschließend definiert. Im weitesten Sinne handelt es sich dabei um → Mikroorganismen, die Infektionen, sensibilisierende oder toxische Wirkungen hervorrufen können.
<b>Coliforme (= Gesamtcoliforme)</b>	Dem Bakterium → <i>E. coli</i> in den Eigenschaften ähnlich. Bakterien aus der Familie Enterobacteriaceae (enteron = Darm), die Lactose (Milchzucker) abbauen können und über diese Stoffwechseleigenschaft u.a. bestimmt werden. Zu dieser Gruppe zählen hauptsächlich Vertreter der Gattungen Escherichia, Enterobacter, Citrobacter und Klebsiella. Die Bakterien können sowohl im Darm von Mensch und Tier als auch in der freien Natur vorkommen.
<b>E. coli</b>	<i>Escherichia coli</i>
<b>Fäkalcoliforme</b>	Eine Gruppe von Bakterien, bestehend aus verschiedenen Gattungen der Familie Enterobacteriaceae, die normalerweise im Darm von Mensch und Säugetier vorkommen und hier in aller Regel harmlos sind. Werden diese Keime ausgeschieden, können sie sich in Gewässern zwar nur bedingt vermehren, ihr Vorhandensein deutet jedoch eine fäkale Verunreinigung an und damit die Gefahr, dass möglicherweise Erreger schwerer Krankheiten, die ebenfalls aus dem Darm ausgeschieden werden, vorhanden sein können. Fäkalcoliforme werden nach der EG-Richtlinie über die Qualität der Badegewässer als <i>E. coli</i> bestimmt.
<b>Fäkalien, fäkal</b>	Stuhl, Kot
<b>Gesamtkoloniezahl</b>	Gesamtheit aller Mikroorganismen, die auf festen Nährböden zählbare Kolonien bilden.

<b>Indikatorkeim</b>	= „Anzeigekeim“; der Nachweis eines bestimmten Keims steht stellvertretend für den Nachweis einer ganzen Gruppe (z. B. Nachweis von <i>E. coli</i> als Indikator für fäkale Verunreinigung)
<b>Infektion</b>	Eindringen und Vermehrung von Mikroorganismen im (menschlichen / tierischen) Körper mit der Gefahr einer nachfolgenden Krankheitsausprägung.
<b>Keim</b>	Umgangssprachlicher Begriff für mikroskopisch kleine Organismen.
<b>Mikroorganismen</b>	Viren, Bakterien, Hefe- / Schimmelpilze, Einzeller
<b>olfaktorisch</b>	den Geruchssinn betreffend; der Geruchsempfindung dienend
<b>Opportunist, opportunistisch</b>	Mikroorganismen, die im Körper vorhanden sind aber nur bei verminderter Abwehrfähigkeit des menschlichen Immunsystems (z. B. als Folge von Stoffwechselerkrankungen wie Diabetes mellitus) eine Krankheit hervorrufen können.
<b>pathogen</b>	krankmachend; eine Krankheit verursachend
<b>Risikogruppe</b>	Einstufung von → Biologischen Arbeitsstoffen entsprechend dem von ihnen ausgehenden → Infektionsrisiko in vier Risikogruppen: Risikogruppe 1: Infektion / Erkrankung unwahrscheinlich Risikogruppe 2: Infektion / Erkrankung möglich Risikogruppe 3: Infektion / Erkrankung wahrscheinlich Risikogruppe 4: Infektion / Erkrankung sehr wahrscheinlich, keine Behandlungsmöglichkeit (verkürzte Darstellung; der Begriff der Risikogruppe ist im §3 der BioStoffV abschließend definiert)
<b>Schmierinfektion</b>	Kontaktinfektion durch Verschmieren keimhaltigen Materials z.B. aus der Umgebung auf den Körper. Durch Verschmieren im Gesichts- / Mundbereich kann es dadurch auch zu einer oralen Aufnahme (über den Mund) von infektiösem Material kommen.
<b>„schwarze Hefen“</b>	Schimmelpilze mit hefeartigem Wachstum (Bildung von Sprosszellen) und dunklen Pigmenteinlagerungen. Wissenschaftlich nicht definierter Sammelbegriff ohne systematische Bedeutung.
<b>Spezies</b>	= Art; ein bestimmter Organismus (z. B. <i>E. coli</i> ); Begriff aus der Bakteriensystematik, die sich mit den Verwandtschaftsbeziehungen der Organismen und ihrer Ordnung in einem hierarchischen System befasst. Speziesnamen sind im Text <i>kursiv</i> geschrieben.