UNIVERSITÄTS KLINIKUM FREIBURG

UK-STUDIE

Adler S., Eikenberg, M., Daschner F.

# Hygienischer, ökologischer und ökonomischer Vergleich von Trinkwasseranlieferungen in Gallonen vs. Mineralwasserflaschen vs. Trinkwasserschankanlagen

*Freiburg Februar 2005*

Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene

Hugstetter Straße 55
79106 Freiburg

Dieses Gutachten darf nur in seiner vollständigen Form an Dritte weitergegeben werden. Wenn daraus verkürzte Darstellungen erarbeitet bzw. Teilaussagen verwendet werden sollen, so bedarf dies der schriftlichen Genehmigung des Instituts für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene.

**Universitätsklinikum Freiburg**

**Institut für Umweltmedizin und Krankenhaushygiene**

Direktor: Prof. Dr. med. F. Daschner

Hugstetter Straße 55

79106 Freiburg i. Br.

Tel: (0761) - 270 - 5471 / 69

Fax: (0761) - 270 - 5485

e-mail: simone.holzhaeuser@uniklinik-freiburg.de

nora.hilgers@uniklinik-freiburg.de

homepage: www.iuk-freiburg.de

## INHALTSVERZEICHNIS


**1 EINLEITUNG ..... 1**

1.1 WATER-COOLER ..... 1
1.2 TRINKWASSERSCHANKANLAGEN ..... 1
1.3 MINERALWASSER ..... 2
1.4 ZIELE ..... 2

**2 MATERIALIEN UND METHODEN ..... 3**

2.1 MIKROBIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ..... 3
***2.1.1 Probennahme und Probentransport ..... 3***
***2.1.2 Probenanzahl und Probenintervalle ..... 3***
2.2 UNTERSUCHTE PARAMETER ..... 3
2.3 UNTERSUCHUNGSMETHODEN ..... 4
***2.3.1 Escherichia coli ..... 4***
***2.3.2 Coliforme Bakterien ..... 4***
***2.3.3 Enterokokken ..... 4***
***2.3.4 Pseudomonas aeruginosa ..... 5***
***2.3.5 Sulfitreduzierende sporenbildende Anaerobier ..... 5***
***2.3.6 Bestimmung der Gesamtkeimzahl ..... 5***
2.4 ÖKONOMISCHE UNTERSUCHUNGEN ..... 6
2.5 ÖKOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ..... 7

**3 ERGEBNISSE ..... 8**

3.1 MIKROBIOLOGISCHE ERGEBNISSE ..... 8
***3.1.1 Water-Cooler ..... 8***
***3.1.2 Trinkwasserschankanlage ..... 10***
***3.1.3 Mineralwasser in Flaschen ..... 13***
3.2 ÖKONOMISCHE ERGEBNISSE ..... 14
3.3 ÖKOLOGISCHE ERGEBNISSE ..... 15

**4 DISKUSSION ..... 16**

4.1 WATER-COOLER ..... 16
4.2 TRINKWASSERSCHANKANLAGEN ..... 16
4.3 MINERALWASSER ..... 17
4.4 ÖKONOMIE UND ÖKOLOGIE ..... 17

**5 ZUSAMMENFASSUNG ..... 19**

**6 LITERATUR ..... 20**

**7 ABKÜRZUNGEN ..... 21**

# 1 Einleitung

Für die Abgabe von Wasser für den menschlichen Genuss existieren neben der Bereitstellung von qualitativ hochwertigem Trinkwasser über die Leitungsnetze der Trinkwasserversorgung weitere Möglichkeiten. Die am meisten verbreiteten Formen sind Mineralwasser und Tafelwasser, das entweder in kleineren Gebinden (Flaschen) oder größeren Gebinden ggf. gekühlt über eine Abfülleinrichtung angeboten wird (Water-Cooler) sowie Trinkwasserschankanlagen, in denen Trinkwasser gekühlt und ggf. mit Kohlensäure versetzt wird.
Diese Alternativen zum herkömmlichen Trinkwasser aus der Leitung sind aufgrund der Gewinnung, Verarbeitung und Bereitstellung des Wassers in unterschiedlicher Weise der Gefahr einer Kontamination mit Mikroorganismen und deren Vermehrung ausgesetzt. Auch hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und der ökologischen Auswirkungen sind die drei Systeme unterschiedlich zu bewerten.

## 1.1 Water-Cooler

Water-Cooler stellen eine komfortable Form der Bereitstellung von Getränken zur Erfrischung dar.
Im Gegensatz zu Trinkwasserschankanlagen, die Wasser aus den kommunalen Netzen und der Hausinstallation beziehen, das den gesetzlichen Anforderungen der Trinkwasserverordnung entsprechen muss, stellen Water-Cooler Tafelwasser oder Mineralwasser aus größeren Behältnissen bereit. Im Gegensatz zu den Trinkwasserschankanlagen sind bei den Water-Coolern Veränderungen der Trinkwasserqualität durch die Prozesse der Karbonisierung in der Regel nicht möglich. Bei den Prozessen der Kühlung, Abfüllung und Lagerung können analog zu den Trinkwasserschankanlagen Kontaminationen und Keimvermehrungen erfolgen.
Die Untersuchung der mikrobiologischen Qualität des Wassers aus Water-Coolern soll durch stichprobenartige Untersuchungen einzelner in Betrieb befindlicher Water-Cooler an unterschiedlichen Aufstellungsorten und Standorten unter gewöhnlichen Betriebsbedingungen erfolgen.

## 1.2 Trinkwasserschankanlagen

Trinkwasserschankanlagen stellen eine komfortable, ökonomisch und ökologisch vorteilhafte Form der Bereitstellung von Trink- und Tafelwasser dar.
Die Trinkwasserschankanlagen beziehen Wasser aus den kommunalen Netzen und

der Hausinstallation, das den gesetzlichen Anforderungen der Trinkwasserverordnung 2001 entsprechen muss. Veränderungen der Trinkwasserqualität sind jedoch theoretisch durch die Prozesse der Kühlung, Karbonisierung und Abfüllung in der Trinkwasserschankanlage möglich.
Aussagen über die hygienische Funktionsweise einer Trinkwasserschankanlage wurden in dieser Untersuchung durch kontinuierliche Kontrollen der mikrobiologische Qualität des von der Trinkwasserschankanlage bereitgestellten Wassers unter Praxisbedingungen gewonnen.

## 1.3 Mineralwasser

Mineralwasser wird unverändert aus der Quelle in Flaschen abgefüllt. Bei Tafelwasser kann Trinkwasser und/oder Mineralwasser mit Kohlensäure versetzt werden. Die Abfüllung erfolgt in Behältnisse (z.B. Flaschen) unterschiedlicher Größe.
Die mikrobiologische Qualität des Mineral- und Tafelwassers wird bestimmt von der mikrobiologischen Qualität der Quelle, der ggf. durchgeführten Aufbereitung (Karbonisierung), der Qualität der Abfüllung und der der Art und Dauer der Lagerung.
Für die Untersuchung wurden Mineralwasserflaschen der gängigen Größe 0,7 l aus dem aktuellen Angebot des Lebensmitteleinzelhandels ausgewählt, bei denen alle oben genannten relevanten Parameter einschließlich der Lagerdauer erfasst werden.

## 1.4 Ziele

Ziel des vorliegenden Gutachtens ist die Untersuchung und der Vergleich der mikrobiologischen Wasserqualität von Wasser aus Water-Cooler-Systemen, einer Trinkwasserschankanlage Pearlmax 3 (baugleich mit CWS AquaFresh) und von in Flaschen abgefülltem Mineralwasser unter üblichen Bedingungen der Bereitstellung. Die ökonomischen und ökologischen Dimensionen der Versorgung durch die drei Systeme wird ebenfalls untersucht.
Die Untersuchungen des Wassers aus Water-Coolern umfassen Wasser an von zwei zufällig gewählten Entnahme-Zeitpunkten ohne Berücksichtigung von etwaigen Wartungs- oder Reinigungsmaßnahmen.
Die Untersuchungen des Mineralwassers erfolgte durch Untersuchungen von Wasser aus Flaschen, wie sie dem Verbraucher zum Verkauf angeboten werden.
Die Untersuchungen des Wassers aus Trinkwasserschankanlagen erfolgte durch Langzeituntersuchungen einer Trinkwasserschankanlage unter normalen Betriebsbedingungen in einem Krankenhaus, weiterhin fließen die aus der ständigen Kontrolle solcher Anlagen im praktischen Krankenhausbetrieb gewonnenen Kenntnisse ein.

# 2 Materialien und Methoden

## 2.1 Mikrobiologische Untersuchungen

### 2.1.1 Probennahme und Probentransport

Die Probennahme erfolgte bei den Water-Coolern und der Trinkwasserschankanlage Pearlmax 3 (baugleich mit CWS AquaFresh) praxisgerecht ohne Vorlauf und ohne vorherige Desinfektion der Zapfhähne oder Tüllen. Die Proben wurden mittels steriler Probenflaschen mit Schraubverschluss mit einem Fassungsvermögen von 500 ml entnommen. Die Füllung der Flaschen erfolgte nicht vollständig. Die Proben wurden entweder direkt oder innerhalb von maximal zwei Stunden in einer Kühltasche mit Kühlakkus zum Labor transportiert. Die Untersuchung erfolgte nach maximal drei Stunden oder nach Kühlung der Probe im Kühlschrank für maximal 24 Stunden. Die Mineralwasser-Flaschen wurden ohne besondere Vorkehrungen transportiert und blieben bis zur Untersuchung ungeöffnet.

### 2.1.2 Probenanzahl und Probenintervalle

Die Untersuchungen umfassen 20 Water-Cooler, eine Trinkwasserschankanlage und sechs Mineralwasser verschiedener Hersteller in Flaschen. Von zwei der sechs Mineralwasserhersteller wurden fünf Flaschen untersucht, von einem zwei. Von jedem der 20 Water-Cooler wurden im Abstand von ca. acht Wochen zwei Proben entnommen und untersucht. Die Trinkwasserschankanlage wurde kontinuierlich über einen Zeitraum von einem halben Jahr beprobt.

## 2.2 Untersuchte Parameter

Zur Überprüfung der mikrobiologischen Wasserqualität wurden die Parameter untersucht, die nach der Trinkwasserverordnung 2001 für Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser einschließlich Wasser, das zur Abfüllung in Flaschen oder andere Behältnisse zum Zwecke der Abgabe bestimmt ist) üblicherweise für die Beurteilung der mikrobiologischen Qualität herangezogen werden.

Es handelte sich hierbei um die Parameter Gesamtkeimzahl bei 22 ± 2°C, Gesamtkeimzahl bei 36 ±1 °C, Escherichia coli, Coliforme Bakterien, Pseudomonas aeruginosa und Enterokokken.

Da die Water-Cooler und die Trinkwasserschankanlagen mit bereits vor und nach der

Abfüllung mit im Werk überprüftem Mineral- bzw. Tafelwasser oder Wasser für den menschlichen Gebrauch befüllt werden, wurde auf eine Untersuchung weiterer Parameter der Trinkwasserverordnung (sulfitreduzierende Anaerobier, Clostridium perfringens) verzichtet. Die Mineralwasser-Flaschen wurden zusätzlich auf sulfitreduzierende Anaerobier untersucht.Es handelte sich hierbei um die Parameter Gesamtkeimzahl bei 22 ± 2°C, Gesamtkeimzahl bei 36 ±1 °C, Escherichia coli, Coliforme Bakterien, Pseudomonas aeruginosa und Enterokokken.

## 2.3 Untersuchungsmethoden

Die Untersuchung auf Escherichia coli, Coliforme Bakterien, Pseudomonas aeruginosa, Enterokokken und sulfitreduzierende Anaerobier erfolgte nach den Untersuchungsmethoden der Trinkwasserverordnung. Darüber hinaus gehende Differenzierungen erfolgten mit allgemein anerkannten Verfahren der medizinischen Mikrobiologie.

### 2.3.1 Escherichia coli

Der Nachweis und die Zählung von Escherichia coli und von Coliformen Bakterien erfolgte nach EN ISO 9308-1: 2000.
250 ml Wasser wurden mit einem Zellulosefilter (Porengröße 0,45 µm) filtriert. Anschließend wurde das Filterplättchen auf Lactose-TTC-Agar (mit Natriumhepta-decylsulfat, Fa. OXOID P05164A) aufgelegt. Die Inkubation erfolgte bei 36°C für 24 h (evtl. erfolgte die Verlängerung bis 48 h oder Inkubation bei 44°C zur Unterdrückung der Begleitflora).
Folgende Grenzwerte der Trinkwasserverordnung 2001 wurden zugrunde gelegt:
E. coli (Lactose positiv, Oxidase negativ, Indol positiv) Grenzwert: 0 KBE/100ml

Für Wasser, das zur Abfüllung in Flaschen oder andere Behältnisse zum Zwecke der Abgabe bestimmt ist: 0 KBE/250 ml

### 2.3.2 Coliforme Bakterien

(Lactose positiv, Oxidase negativ, Indol negativ) Grenzwert 0 KBE/100ml

Für Wasser, das zur Abfüllung in Flaschen oder andere Behältnisse zum Zwecke der Abgabe bestimmt ist : 0 KBE/250 ml

### 2.3.3 Enterokokken

Der Nachweis und die Zählung von Enterokokken erfolgte nach EN ISO 7899-2 : 2000

250 ml Wasser wurden mit einem Zellulosefilter (Porengröße 0,45 µm) filtriert und anschließend das Filterplättchen auf Slanetz und Bartley Agar (Fa. OXOID P05018A) aufgelegt. Die Inkubation erfolgte bei 36°C für 44±4 h.

Folgende Grenzwerte der Trinkwasserverordnung 2001 wurden zugrunde gelegt:

Enterokokken: Grenzwert 0 KBE/ 100 ml

Für Wasser, das zur Abfüllung in Flaschen oder andere Behältnisse zum Zwecke der Abgabe bestimmt ist: 0 KBE/250 ml

### 2.3.4 Pseudomonas aeruginosa

Der Nachweis und die Zählung von Pseudomonas aeruginosa erfolgte entsprechend prEN ISO 12780.
250 ml Wasser wurden mit einem Zellulosefilter (Porengröße 0,45 µm) filtriert und anschließend das Filterplättchen auf cetrimidhaltigen Agar (CN-Agar) (Fa. Heipha 110e) aufgelegt. Die Bebrütung erfolgte bei 42°C für 20+4 h.

Folgende Grenzwerte der Trinkwasserverordnung 2001 wurden zugrunde gelegt:

Pseudomonas aeruginosa: Grenzwert 0 KBE/ 250 ml

(Grenzwert nach Trinkwasserverordnung nur für Wasser, das zur Abfüllung in Flaschen oder andere Behältnisse zum Zwecke der Abgabe bestimmt ist)

### 2.3.5 Sulfitreduzierende sporenbildende Anaerobier

Die Untersuchung auf sulfitreduzierende sporenbildende Anaerobier in 50 ml Wasser erfolgte mittels Flüssigkeitsanreicherung in doppelt konzentrierter Dextrose-Eisencitrat-Natriumsulfit-Bouillon (Fa. Merck) bei einer Bebrütungstemperatur von 36 ± °C und einer Bebrütungszeit von 20 ± 4 Stunden bzw. Beobachtung für weitere 20 ± 4 Stunden.

### 2.3.6 Bestimmung der Gesamtkeimzahl

Die Bestimmung der Gesamtkeimzahl bei 22 ± 2°C und 36 ± 1°C erfolgte mit dem Plattengussverfahren nach EN ISO 6222 : 1999 oder durch direktes Auftragen des Wassers auf ein festes Nährmedium nach DEV (Mineralwasser).

Die Inkubation erfolgte bei 36 ± 1°C für 44 ± 4 h und bei 22 ± 2°C für 68 ± 4 h.
Als Nährmedium wurden 15ml Hefeextraktagar (DEV-Agar: Fa. Heipha 3872r oder Nähragar Fa. OXOID nach TVO P05025A) verwendet.
Die Kolonien wurden mit Hilfe einer Lupe (4-6 fache Vergrößerung) gezählt. Die Koloniezahl wurde nach ISO 8199 errechnet und in Kolonie bildenden Einheiten (KBE) pro ml angeben.

Folgende Grenzwerte der Trinkwasserverordnung 2001 wurden zugrunde gelegt:

| | | |
|---|---|---|
| Koloniezahl bei 22 ± 2°C: | Grenzwert | 100 KBE/ml |
| (Abfüllung in Flaschen: | | 100 KBE/ml) |
| | | |
| Koloniezahl bei 36 ± 1°C: | Grenzwert | 100 KBE/ml |
| (Abfüllung in Flaschen: | | 20 KBE/ml) |

## 2.4 Ökonomische Untersuchungen

Den ökonomischen Berechnungen für die Water-Cooler liegen die Durchschnittswerte der beiden in Freiburg hauptsächlich vertretenen Anbieter Revos und Nestlé zu Grunde. Es wurden die einfachsten Geräte gewählt, da diese in aller Regel auch vor Ort vorgefunden wurden. Die Preise der Trinkwasserschankanlage wurden beim Hersteller erfragt. Bei den Geräten und Verbrauchsmaterialien wurden Listenpreise exklusive Mehrwertsteuer und der Durchschnittswert der beiden Anbieter für die Berechnungen verwendet. Die Berechnungen wurden für geringen, mittleren und hohen Verbrauch durchgeführt. Für die Trinkwasserschankanlagen wurde ein durchschnittlicher Wasserpreis von 3,63 Euro pro $m^3$ der Literatur entnommen (Tippkötter 2003). Die Kosten für die Kühlung wurden bei allen Varianten nicht berücksichtigt. Beim Preis für das Mineralwasser in Flaschen wurde der übliche Verbraucherpreis und zusätzlich der Großkundenpreis berücksichtigt (jeweils ohne Mehrwertsteuer). Die Kosten für Logistik und Lagerhaltung bei der Flaschenvariante wurden nicht berücksichtigt, werden jedoch in der Diskussion bewertet. Für die Trinkwasserschankanlage wurde ebenso wie für die Water-Cooler eine Nutzungsdauer von 3 Jahren per Leasing angenommen. Dies ist die Maximalleasingdauer der Water-Cooler laut Anbieterpreislisten. Die Trinkwasserschankanlagen sind hingegen auf längere Zeiträume ausgelegt. Im Sinne der Vergleichbarkeit wurde aber auch hier der Wert für 3 Jahre angelegt, jedoch eine Sensitivitätsanalyse für die marktübliche Leasingdauer von 5 Jahren durchgeführt.

## 2.5 Ökologische Untersuchungen

Für die ökologische Bewertung wurde die Situation am Universitätsklinikum Freiburg zu Grunde gelegt. Das Mineralwasser in Flaschen stammt aus dem 75 km entfernten Bad Dürrheim. Für die Trinkwasseroasen wurde der Durchschnittswert der Entfernung Abfüllorte der beiden Anbieter Revos und Nestle zum Verbrauchsort Freiburg zu Grunde gelegt. Dieser beläuft sich auf 500 km.
Anhand Literaturdaten (Zamboni 1994) wurde eine Grobabschätzung des $CO_2$-Ausstosses als ökologischer Bewertungsparameter gebildet.

# 3 Ergebnisse

## 3.1 Mikrobiologische Ergebnisse

### 3.1.1 Water-Cooler

Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen von 20 Water-Coolern im Stadtgebiet Freiburg sind in Tabelle 1 und 2 zusammengefaßt.

| Proben-Nummer | Datum | KBE/ml 22°C | KBE/ml 36°C | E. Coli in 250ml | Coliforme Bakterien in 250ml | Pseudomonas aeruginosa In 250 ml | Entero-kokken In 250ml |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.6.04 | 32 | 26 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 2 | 3.6.04 | 135 | 72 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 3 | 2.6.04 | 688 | 52 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 4 | 2.6.04 | >2000 | 6 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 5 | 2.6.04 | 1008 | 416 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 6 | 2.6.04 | 1440 | 1888 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 7 | 3.6.04 | >2000 | >2000 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 8 | 3.6.04 | 1170 | 560 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 9 | 7.6.04 | >2000 | >2000 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 10 | 2.6.04 | 114 | 336 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 11 | 2.6.04 | >2000 | 21 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 12 | 2.6.04 | 208 | 544 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 13 | 3.6.04 | 960 | 1280 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 14 | 7.6.04 | >2000 | 512 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 15 | 7.6.04 | 1280 | 816 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 16 | 3.6.04 | 800 | 27 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 17 | 7.6.04 | 1120 | >2000 | k.N. | **N.v.*** | k.N. | k.N. |
| 18 | 14.6.04 | 1072 | 676 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 19 | 14.6.04 | >2000 | 1984 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 20 | 15.6.04 | 1600 | 123 | k.N. | k.N. | **N.v.** | k.N. |

Tabelle 1: Mikrobiologische Untersuchung der Wasserqualität von Water-Coolern (erste Serie)

* = Serratia Liquefaciens

k.N. = kein Nachweis
N.v. = Nachweis von

| Proben-Nummer | Datum | KBE/ml 22°C | KBE/ml 36°C | E. Coli in 250ml | Coliforme Bakterien in 250ml | Pseudomonas aeruginosa In 250 ml | Entero-kokken In 250ml |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 28.7.04 | 17 | 2 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 2 | 28.7.04 | 160 | 86 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 3 | 28.7.04 | 28 | 8 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 4 | 28.7.04 | >2000 | 6 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 5 | 27.7.04 | >2000 | 536 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 6 | 27.7.04 | >2000 | >2000 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 7 | 28.7.04 | 688 | 584 | k.N. | **N.v.*** | k.N. | k.N. |
| 8 | 28.7.04 | >2000 | >2000 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 9 | 27.7.04 | 520 | 712 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 10 | 27.7.04 | >2000 | 360 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 11 | 27.7.04 | 70 | 13 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 12 | 27.7.04 | 696 | 1024 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 13 | 27.7.04 | 1008 | 736 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 14 | 27.7.04 | 264 | 224 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 15 | 27.7.04 | 320 | 720 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 16 | 28.7.04 | 28 | 12 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 17 | 27.7.04 | >2000 | >2000 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 18 | 27.7.04 | 1120 | 640 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 19 | 27.7.04 | 848 | 576 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 20 | 28.7.04 | 168 | 56 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |

Tabelle 2: Mikrobiologische Untersuchung der Wasserqualität von Water-Coolern (zweite Serie)

* = Rahnella aquatilis

k.N. = kein Nachweis
N.v. = Nachweis von

### 3.1.2 Trinkwasserschankanlage

Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen einer Tafelwasserschank-anlage im Universitätsklinikum Freiburg sind in Tabellen 3, 4 und 5 zusammengefaßt.

| Nr. | Datum | KBE/ml 22°C | KBE/ml 36°C | E. coli in 250 ml | Coliforme Bakterien in 250 ml | Enterokokken in 250 ml | Pseudomonas aeruginosa in 250 ml |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 22.01.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 2 | 26.01.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 3 | 29.01.2004 | 0 | 4 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 4 | 02.02.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 5 | 09.02.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 6 | 16.02.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 7 | 23.02.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 8 | 01.03.2004 | 0 | 1 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 9 | 08.03.2004 | 0 | 1 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 10 | 15.03.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 11 | 22.03.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 12 | 29.03.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 13 | 06.04.2004 | 0 | 2 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 14 | 15.04.2004 | 0 | 1 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 15 | 26.04.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 16 | 29.04.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 17 | 03.05.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 18 | 06.05.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 19 | 11.05.2004 | 3 | 15 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 20 | 25.05.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 21 | 08.06.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 22 | 22.06.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 23 | 06.07.2004 | 0 | 5 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 24 | 19.07.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |

Tabelle 3: Mikrobiologische Untersuchung von Wasser aus einer Trinkwasserschank-anlage (mit zugesetzter Kohlensäure)

k.N. = kein Nachweis

| Nr. | Datum | KBE/ml 22°C | KBE/ml 36°C | E. coli in 250 ml | Coliforme Bakterien in 250 ml | Enterokokken in 250 ml | Pseudomonas aeruginosa in 250 ml |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 22.01.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 2 | 26.01.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 3 | 29.01.2004 | 0 | 2 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 4 | 02.02.2004 | 2 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 5 | 09.02.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 6 | 16.02.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 7 | 23.02.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 8 | 01.03.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 9 | 08.03.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 10 | 15.03.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 11 | 22.03.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 12 | 29.03.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 13 | 06.04.2004 | 1 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 14 | 15.04.2004 | 1 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 15 | 26.04.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 16 | 29.04.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 17 | 03.05.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 18 | 06.05.2004 | 0 | 10 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 19 | 11.05.2004 | 32 | 19 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 20 | 25.05.2004 | 0 | 18 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 21 | 08.06.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 22 | 22.06.2004 | 9 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 23 | 06.07.2004 | 0 | 4 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 24 | 19.07.2004 | 20 | 1 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |

Tabelle 4: Mikrobiologische Untersuchung von Wasser aus einer Trinkwasserschank-anlage (mit wenig zugesetzter Kohlensäure)

k.N. = kein Nachweis

| Nr. | Datum | KBE/ml 22°C | KBE/ml 36°C | E. coli in 250 ml | Coliforme Bakterien in 250 ml | Enterokokken in 250 ml | Pseudomonas aeruginosa in 250 ml |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 22.01.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 2 | 26.01.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 3 | 29.01.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 4 | 02.02.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 5 | 09.02.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 6 | 16.02.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 7 | 23.02.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 8 | 01.03.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 9 | 08.03.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 10 | 15.03.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 11 | 22.03.2004 | 1 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 12 | 29.03.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 13 | 06.04.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 14 | 15.04.2004 | 3 | 3 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 15 | 26.04.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 16 | 29.04.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 17 | 03.05.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 18 | 06.05.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 19 | 11.05.2004 | 3 | 10 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 20 | 25.05.2004 | 0 | 27 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 21 | 08.06.2004 | 23 | 16 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 22 | 22.06.2004 | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 23 | 06.07.2004 | 0 | 1 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 24 | 19.07.2004 | 4 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |

Tabelle 5: Mikrobiologische Untersuchung von Wasser aus einer Trinkwasserschank-anlage (ohne zugesetzte Kohlensäure)

k.N. = kein Nachweis

### 3.1.3 Mineralwasser in Flaschen

Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen von Mineralwasser sind in Tabelle 6 zusammengefaßt

| Nr. | Produktart | KBE/ml 22°C | KBE/ml 36°C | E. coli in 250 ml | Coliforme Bakterien in 250 ml | Enterokokken in 250 ml | Pseudomonas aeruginosa in 250 ml |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Karbonisiert | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 2 | Still | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 3 | Still | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 4 | Still | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 5 | Still | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 6 | Still | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 7 | Still | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 8 | Still | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 9 | Still | >2000 | >2000 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 10 | Still | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 11 | Still | 5 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 12 | Still | 1 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 13 | Still | 1 | 1 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 14 | Still | 1 | 2 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 15 | Still | 1 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |
| 16 | Still | 0 | 0 | k.N. | k.N. | k.N. | k.N. |

Tabelle 6: Mikrobiologische Untersuchung von Mineralwasser aus Flaschen

k.N. = kein Nachweis

## 3.2 Ökonomische Ergebnisse

| | Water-Cooler | Trinkwasser-schankanlage | Mineralwasser 0,7 l Flaschen |
|---|---|---|---|
| Leasing pro Monat | 10,04 | 148,5 | Entfällt |
| Über 3 Jahre | 361,44 | 5346 | Entfällt |
| Bottlerack | 58,50 | Entfällt | Entfällt |
| Service | 205,50 | 1566 | Entfällt |
| Pfand | Entfällt | 63,50 für zusätzlichen $CO_2$-Zylinder | 39,3/ 393.- für 100 bzw. 1000 Flaschen in Kisten |
| Wasserkosten bei 100 l/Monat | 2322.- | 13,07 | Entfällt |
| Kohlensäure bei 100 l/Monat | Entfällt | 69.- | Entfällt |
| Wasserkosten bei 1000 l/Monat | 19260.- | 130,70 | Entfällt |
| Kohlensäure bei 1000 l/Monat | Entfällt | 690.- | Entfällt |
| Gesamtkosten bei 100 l/Monat | 2947.- | 7121.- | 1436,4 / 281,84 |
| Gesamtkosten bei 1000 l/Monat | 20051.- | 7860.- | 14364.- / 2818,4 |
| Kosten pro Liter bei 100 l/Monat | **0,82** | **1,96** | **0,41 / 0,09** |
| Kosten pro Liter bei 1000 l/Monat | **0,56** | **0,22** | **0,41 / 0,09** |
| Kosten pro Liter bei 500 l/Monat | **0,57** | **0,44** | **0,41 / 0,09** |

Tabelle 7: Kostenübersicht verschiedener Wasserversorungsvarianten über 3 Jahre
Angaben in Euro ohne Mehrwertsteuer

Die Preise wurden pro Liter Wasser berechnet. In Abhängigkeit vom Verbrauch (pro Monat angegeben) ergeben sich verschiedene Preise, die in den letzten Zeilen der Tabelle 7 angegeben sind. Für die Flaschenversorgung wurde der übliche Marktpreis und der Großabnehmerpreis angegeben.

## 3.3 Ökologische Ergebnisse

Die Berechnungen wurden für den Jahresverbrauch an Mineralwasser des Universitätsklinikums Freiburg durchgeführt, um den Maximaleffekt darzustellen.

| | **Water-Cooler** | **Trinkwasser-schankanlagen** | **Flaschen** |
|---|---|---|---|
| Verbrauch | 403.720 l/Jahr | 403.720 l/Jahr | 403.720 l/Jahr |
| Spezifischer Energieverbrauch | 3 MJ/l * | 0,01 MJ/l | 3,9 MJ/l |
| Spezifische $CO_2$-Emission | 210 g/l * | 0,7 g/l | 280 g/l |
| $CO_2$-Emission durch Stromverbrauch | | 80 g/l | - |
| Gesamt-$CO_2$-Emission durch Mineralwasserversorgung pro Jahr | **84.780 kg *** | **32.580 kg** | **113.000 kg** |

Tabelle 8: $CO_2$-Bilanz für die Versorgung mit Mineralwasser

* = die Werte für die Water-Cooler wurden geschätzt gemäß den Angaben aus Zamboni, dabei wurde eine die spezifische Energiebilanz erhöhende mittlere Transportdistanz von 500 km zu Grunde gelegt (was etwa die zwei Drittel der dort aufgeführten Distanz von Schweiz zu England ist) und die Annahme, daß grössere Gebinde wie beim Water-Cooler einen geringeren spezifischen Energieverbrauch haben berücksichtigt.

# 4 Diskussion

## 4.1 Water-Cooler

Das von den Water-Coolern bereitgestellte Wasser wies in allen Proben bei der mikrobiologischen Untersuchung *keine* Trinkwasserqualität auf. Die Ergebnisse entsprechen weitgehend der aktuell verfügbaren Literatur (Herrmann, 2004).
In allen Fällen waren mit den eingesetzten Verfahren Bakterien nachweisbar.
In den Untersuchungen der Gesamtkeimzahlen bei 22 ± 2°C und 36 ± 1°C befanden sich die Ergebnisse in den Bereichen zwischen 100 und 1.000.0000 KBE/ml. Eine Probe enthielt Pseudomonas aeruginosa in 250 ml. In zwei weiteren Proben konnten Coliforme Bakterien nachgewiesen werden. Die Differenzierung ergab *Rahnella aquatilis* in der einen und *Serratia liquefaciens* in der anderen Probe. Diese beiden Bakterien gehören zur Familie der Enterobakteriazeen. Die Coliformen Keime nach Trinkwasserverordnung dienen als Indikatorkeime für fäkale Verunreinigungen des Trinkwassers durch Menschen oder Tiere. Aus diesem Grund dürfen Coli-Bakterien, Coliforme Bakterien und Enterokokken im Trinkwasser nicht nachweisbar sein. Beide Keime und zwar sowohl Rahnella aquatilis wie auch Serratia liquefaciens sind in der wissenschaftlichen medizinischen Literatur als Erreger von lebensbedrohlichen Infektionen teilweise mit Todesfolge bei extrem abwehrgeschwächten Patienten beschrieben worden. Unter der Voraussetzung, dass die Qualität des in den Water-Coolern angebotenen Wassers von den Herstellern nach der Trinkwasser- oder Mineral- und Tafelwasserverordnung untersucht wurde und vor Auslieferung hygienisch einwandfreie Ergebnisse erbrachte, lässt der Nachweis dieser Keime im Wasser eher auf eine Kontamination durch unsachgemäße Nutzung der Water-Cooler oder mangelhafte Reinigung und Wartung schließen.
In den untersuchten Proben konnten nicht die Anforderungen der Trinkwasser-verordnung oder gar der Mineral- und Tafelwasserverordnung für Wasser aus der Quelle oder 12 Stunden nach Abfüllung eingehalten werden.
Das Wasser aller beprobten Geräte wies nicht die Qualität auf, wie sie für Wasser zu fordern ist, das regelmäßig zum menschlichen Gebrauch verwendet wird. Ein Einsatz dieser Geräte kann nicht empfohlen werden.

## 4.2 Trinkwasserschankanlagen

Die Trinkwasserschankanlage wies in allen Proben bei der mikrobiologischen Untersuchung die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch

(Trinkwasserqualität) gemäß Trinkwasserverordnung 2001 auf.
Escherichia coli, Coliforme Bakterien, Enterokokken oder Pseudomonas aeruginosa wurde in keiner der insgesamt 72 Proben nachgewiesen.
Die höheren Anforderungen für Wasser, das zur Abfüllung in Flaschen oder andere Behältnisse zum Zwecke der Abgabe bestimmt ist, wurden nur in einer Probe (Gesamtkeimzahl bei 36 ± 1°C bei Wasser ohne zugesetzte Kohlensäure vom 25.05.2004) von 144 respektive 72 leicht überschritten (27 KBE/ml statt 20 KBE/ml). Dieser Ausreißer stellt kein hygienisches Problem dar, weil einerseits die Anforderungen für „normales„ Trinkwasser deutlich erfüllt werden und andererseits das Wasser zwar in Gefäße abgefüllt wird aber nicht zur Abgabe, so dass die Anforderungen, die im Rahmen der Untersuchung ansonsten erfüllt werden, hier nicht zwangsläufig anzuwenden sind. Ein Nachweis von Escherichia coli, Coliformen Bakterien, Enterokokken oder Pseudomonas aeruginosa erfolgte auch in dieser Probe nicht.
In 48 von 72 Proben waren bei der Untersuchung der Gesamtkeimzahl keine Bakterien nachweisbar.

## 4.3 Mineralwasser

Die Stichproben der Mineralwasseruntersuchungen ergaben bei Anwendung der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung 2001 nur in einem Fall Grenzwertüberschreitungen bei der Gesamtkeimzahl bei 22°C und 36°C (Rasenwachstum). Alle anderen Mineralwasser erfüllten auch noch zum Zeitpunkt der Untersuchung die Anforderungen für Wasser, das zur Abfüllung in Flaschen oder andere Behältnisse zum Zwecke der Abgabe bestimmt ist, sowie die Anforderungen der Mineral- und Tafelwasserverordnung. Die Grenzwertüber-schreitungen wurden bei einem stillen Wasser gefunden. Im stillem Wasser kann eine Keimvermehrung nach der Abfüllung leichter stattfinden als im kohlesäurehaltigen Wasser, da die Kohlensäure eine wachstumshemmende Wirkung auf Bakterien besitzt. Obligat pathogene Keime, Escherichia coli, coliforme Bakterien, Fäkalstreptokokken bzw. Enterokokken und Pseudomonas aeruginosa waren in keinem der untersuchten Mineralwasser in 250 ml nachweisbar. In sechs von 16 Mineralwasserproben waren mit den angewandten Untersuchungsmethoden keine Bakterien nachweisbar.

## 4.4 Ökonomie und Ökologie

Die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Systeme hängt vom Verbrauch ab. Auf Grund der hohen Leasingpreise und geringer Wasserpreise sind die Tafelwasserschank-anlagen bei geringer Nutzung von z.B. 100 Liter im Monat wesentlich teurer als die

beiden anderen Varianten. Die Berechnung des Break-Even-Punktes für die Trinkwasserschankanlage zeigt, daß diese bei 380 l monatlichem Verbrauch erstmals günstiger ist als die Watercooler-Variante (0,57 €/l versus 0,58 €/l). Verglichen mit der Flaschenversorgung ist die Trinkwasserschankanlage bei einem monatlichen Verbrauch von 560 Liter erstmals günstiger (0,40 €/l versus 0,41 €/l).
Aufgrund einer erwarteten Lebensdauer der Trinkwasserschankanlagen von sieben Jahren beträgt die marktübliche Vertragslaufzeit für diese Systeme fünf Jahre. Bei dieser Laufzeit ist die Trinkwasserschankanlage bereits ab einem Verbrauch von 252 Liter pro Monat günstiger als die Versorgung durch Watercooler (0,603 €/l versus 0,604 €/l) und ab 390 Liter pro Monat günstiger als die Flaschenversorgung (0,40 €/l versus 0,41 €/l).

Unter ökologischen Gesichtspunkten schneidet die Trinkwasserschankanlage eindeutig am Besten ab. Der verpackungsfreie Wassertransport über die Wasserleitung anstatt per LKW und in Glasflaschen bzw. Kunststoffgallonen verpackt, ist hier klar im Vorteil. Die Gallonen der Water-Cooler sind auf Grund des weiter entfernten Abfüllortes (durchschnittlich 500 km beim Water-Cooler gegenüber 75 km bei der Mineralwasserflasche) trotz günstigerer Verpackungseinheit (18,9 l gegenüber 0,7 l in der Glasflasche) tendenziell benachteiligt. Dazu kommt in beiden Fällen noch die aufwändige Reinigung der Glasflaschen bzw. Gallonen. Somit ist die Variante der Water-Cooler die am meisten umweltbelastende im gegebenen Fall und die Trinkwasserschankanlage die vorteilhafteste.

# 5 Zusammenfassung

Die mikrobiologische Qualität der untersuchten Mineralwasser und das Wasser aus der Trinkwasserschankanlage Pearlmax 3 (baugleich mit CWS AquaFresh) wiesen mit jeweils einer Ausnahme die Trinkwasserqualität gemäß Trinkwasserverordnung 2001 auf (einschließlich der Anforderungen für Wasser, das zur Abfüllung in Flaschen oder andere Behältnisse zum Zwecke der Abgabe bestimmt ist). Höhere Gesamtkeimzahlen können insbesondere bei stillem Mineralwasser gefunden werden, wenn es zu einer Keimvermehrung in der Flasche während der Lagerung kommt.
Die mikrobiologische Wasserqualität der untersuchten Water-Cooler stellte unter den beschriebenen Betriebsbedingungen kein Trinkwasser zur Verfügung, das den mikrobiologischen Anforderungen der Trinkwasserverordnung 2001 oder der Mineral- und Tafelwasserverordnung entspricht.
Aus mikrobiologisch-hygienischer Sicht kann ein Einsatz von Water-Coolern nicht empfohlen werden.

Unter ökonomischen Aspekten ist die Trinkwasserschankanlage ab einem Verbrauch von 380 (252*) Liter pro Monat günstiger als die Versorgung per Water-Cooler und ab 560 (390*) Liter pro Monat günstiger als die Flaschenversorgung. Die Water-Cooler sind nur bei geringen Verbräuchen von bis zu 370 Liter pro Monat wirtschaftlich sinnvoll.

Unter ökologischen Aspekten ist die Trinkwasserschankanlage mit Abstand das vorteilhafteste aller untersuchten Wasserversorgungssysteme.

* = bei marktüblicher Vertragslaufzeit von 5 Jahren

# 6 Literatur

DIN EN ISO 6222 (1999) Wasserbeschaffenheit – Quantitative Bestimmung der kultivierbaren Mikroorganismen – Bestimmung der Koloniezahl durch Einimpfen in ein Nähragarmedium.Beuth-Verlag,Berlin.

DIN EN ISO 7899-2,Ausgabe: 2000-11, Wasserbeschaffenheit – Nachweis und Zählung von intestinalen Enterokokken – Teil 2: Verfahren durch Membranfiltration (ISO 7899–2:2000); Deutsche Fassung EN ISO 7899-2:2000. Beuth,Berlin.

DIN EN ISO 9308-1, Ausgabe: 2001-07, Wasserbeschaffenheit – Nachweis und Zählung von Escherichia coli und coliformen Bakterien – Teil 1: Membranfiltrations-verfahren (ISO 9308-1:2000); deutsche Fassung EN ISO 9308-1:2000.Beuth, Berlin.

DIN EN 12780,Ausgabe:2002-08,Wasserbeschaffenheit – Nachweis und Zählung von Pseudomonas aeruginosa durch Membranfiltration;Deutsche Fassung EN 12780:2002.Beuth,Berlin

Herrmann, F.: Hygienische und rechtliche Betrachtungen von Watercoolern in Hyg. Med. 29. Jhg. 2004 Suppl.1 S.31.

ISO CD 8199 (2002) Water quality-General guide to the enumeration of microorganisms by culture.Beuth-Verlag,Berlin.

Mineral- und Tafelwasser-Verordnung - Verordnung über natürliches Mineralwasser, Quellwasser und Tafelwasser vom 1. August 1984 BGBl. I S. 1036; 5.12. 1990 S. 260; 26.2.1993 S. 278; 16.12.1993 S. 2436; 29.1.1998 S. 230; 14.10.1999 S. 2053, 14.12.2000 S. 1728; 21.5.2001 S. 959, 29.10.2001 S. 2785 Art. 309; 6.8.2002 S. 3082; 3.3.2003 S. 35203; 24.5.2004 S. 103004 Gl.-Nr.: 2125-40-33

Tippkötter R., Schüwer D.: Rationelle Energienutzung in Krankenhäusern. Vieweg Verlag Oktober 2003.

Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch - TrinkwV 2001 - Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2001, BGBl. I Nr. 24 vom 28.5. 2001 S. 959 – 980.

Zamboni M.: Grobabschätzung des Energieaufwandes für die Bereitstellung von ausgewählten Getränken und Nahrungsmitteln. Carbotech AG, Zürich 1994.

# 7 Abkürzungen

Exkl. = exklusiv
k.N. = kein Nachweis
N.v. = Nachweis von
KBE = Kolonie bildende Einheiten
TWVO = Trinkwasserverordnung