

1. Einleitung

Bestimmte bakteriologische und virologische Infektionskrankheiten befinden sich in den industrialisierten Ländern aus verschiedenen Gründen wieder auf dem Vormarsch.

Ein zentraler Punkt um Infektionen zu vermeiden oder im negativen Sinne Erreger zu übertragen, ist das hygienisch korrekte Verhalten sowohl von erkrankten als auch von gesunden Personen. Die Tatsache, dass Menschen in der heutigen Zeit in einer mehr oder weniger großen, auch örtlich und zeitlich wechselnden Gemeinschaft zusammenleben, bringt es zwangsläufig mit sich, dass dadurch auch vermehrt Möglichkeiten der direkten (Händedruck) oder indirekten Berührung (Armaturen, Türen etc.) geschaffen werden. Orte, an denen durch wirkungsvolle Hygienemaßnahmen die Ausbreitung von bestimmten Infektionskrankheiten beeinflusst werden kann, sind öffentliche Toilettenanlagen.

Das Risiko der Seuchenausbreitung innerhalb der Bevölkerung durch menschliche Ausscheidungen war Gegenstand vielfältiger Forschungen. Während die Infektionsgefährdung durch ungeklärte Abwässer sowie bei der großtechnischen Abwasserentsorgung häufig untersucht wurde, sind etwaige Risiken am primären Ort der Abgabe der Fäkalien, den Toiletten, nur in vereinzelten Experimenten erforscht worden

Laut PLATEN (2000) treffen an diesen Orten mehrere Faktoren aufeinander, die für ein erhöhtes Übertragungspotenzial sorgen, das sind zum Einen, eine hohe Zahl an verschiedenen Benutzern in kurzer Zeit, und somit ein Zusammenkommen eines Erregerspektrums, welches sonst nicht in dem Maße zu kombinieren wäre. Zum Zweiten die Ausscheidung von Fäkalien, die ein großes Erregerreservoir darstellen. Zum Dritten das Vorhandensein von Bereichen, über die eine Keimverschleppung über Oberflächen leicht möglich ist und Viertens sind viele dieser Oberflächen dauerhaft feucht und stellen somit ein gutes Milieu für das Überleben von Erregern dar.

Unter der Bevölkerung gibt es zahlreiche gesunde Ausscheider von pathogenen Infektionserregern. Nach Literaturangaben (DE WIT und ROMBOUTS, 1992) beträgt allein der durchschnittliche Anteil gesunder Salmonellenausscheider in den westlichen Industrieländern ständig zwischen etwa 0,15 und 5,0 %. In afrikanischen und asiatischen Staaten liegt diese Quote teilweise bedeutend höher bei bis zu 70 %. Ferner spielt natürlich auch die Ausscheidung der weltweit verbreiteten Ruhrbakterien, sowie Polioviren, Coxsackieviren und ECHO-Viren eine Rolle. Auch wenn die Erregerzahlen zu gering sein sollten, um bei dem Infizierten selbst eine Krankheit auszulösen, stellt die Person unter Umständen infolge einer hierbei erworbenen Erregerausscheidung oder in der Eigenschaft

als erstes Glied einer nachfolgenden Infektionskette einen bedeutsamen seuchenhygienischen Faktor dar.

Die Zielsetzung jedweder Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen muss sein, mit geringem Aufwand ein Höchstmaß an Sauberkeit und damit an Hygiene zu erreichen. Vor diesem Hintergrund müssen Maßnahmen zur Risikovermeidung bzw. zum Risikomanagement so gezielt und effizient wie möglich eingesetzt werden.

Steigende Frequentierungen verlangen dabei eine stärkere Beachtung hygienischer Belange, nicht nur in Gaststätten und Hotels, sondern eben auch in öffentlichen Toilettenanlagen.

Dabei müssen die Hygienemaßnahmen sinnvoll und erfolgreich sein. Zum einen ist zwar die visuelle Feststellung von Ordnung und Sauberkeit ein wichtiges Kriterium, zum anderen ist aber die mikrobiologische Kontrolle viel objektiver, weil eine makroskopisch einwandfreie Oberfläche dennoch mikrobiell stark verunreinigt sein kann. Für die Prüfung und Bewertung der Oberflächenkontamination ist der Nachweis der überlebenden Keime von grundlegender Bedeutung.

Neben der Unterbindung der Übertragung von Keimen durch die Luft ist vor allem die Herabsetzung der Keimverschmutzung von Oberflächen von wichtigem Belang. Das Ergebnis von Reinigungsmaßnahmen in Toiletten hängt nicht nur von der Art der zu säubernden Materialien, deren Oberflächenbeschaffenheit und baulichen Zustandes sowie dem Reinigungspersonal, sondern auch vom Reinigungsregime ab.

In den letzten Jahrzehnten entstand wieder verstärktes Interesse an der Hygiene von Sanitäreinrichtungen, insbesondere mit dem vermehrten Auftreten von Hospitalinfektionen und teilweise alarmierenden Antibiotikaresistenzen von Enterobakterien und Staphylokokken, die dort, wo hochentwickelte Technologien zum Einsatz kommen (Industrie, Krankenhäuser), erhebliche Schäden anrichten können.

Zu diesem Problemkreis wurden inzwischen einige Untersuchungen, die Keimbelastung in öffentlichen Anlagen verschiedenster Art betreffend, durchgeführt.

Die Angaben in der Literatur, die Bedeutung der Kontamination der Oberflächen in Toiletten mit pathogenen Keimen betreffend, gehen weit auseinander. Verschiedene Autoren weisen darauf hin, dass Oberflächen in öffentlichen Toiletten kontaminiert sein können (NEWSOM, 1972; GEBRA et al., 1975; MÜLLER und RUDOLPH, 1975; NOLTE und OSTERTAG, 1978; WEHR, 1986; HARPS et al., 1988). Außerdem hängt die Bewertung potentieller

Gesundheitsgefahren nicht allein davon ab, dass die Oberflächen ein mögliches Reservoir pathogener Mikroorganismen sind, sondern u.a. auch von der Disposition der Kontaktpersonen.

Untersucht wurden hier drei öffentliche Toiletten einer südwestdeutschen Großstadt, die alle an mehr oder weniger stark frequentierten S-Bahnstationen gelegen sind. Es ist davon auszugehen, dass es zu großen Unterschieden in der Keimkonzentration in den 3 untersuchten Toiletten und innerhalb dieser auch an verschiedenen Lokalisationen zu schwankenden Konzentrationen kommt. Dies spielt insbesondere für obligat oder fakultativ pathogene Keime eine Rolle, da davon auszugehen ist, dass sich auch das Spektrum der die Toiletten aufsuchenden Individuen auf immunologisch unbedenkliche bis mehr oder weniger immungeschwächten Personen ausdehnt. Daraus ergibt sich insbesondere für die zuletzt angesprochene Personengruppe ein eventuell erhöhtes Infektionsrisiko.

Die Abb.1 zeigt den gelegentlichen Zustand des Damenbereiches einer Toilette vor der Reinigung.



Abb. 1: gelegentlicher Zustand öffentlicher Toiletten vor den Reinigungsmaßnahmen

Vor dem Hintergrund der stetigen Zunahme an infektiös bedingten Enteritiserkrankungen in den neunziger Jahren besonders hinsichtlich ansteigender Salmonelleninfektionen, soll u.a.

auch eine Aussage über die epidemiologisch bedeutsamen Salmonellen in den drei ausgewählten öffentlichen Toiletten gemacht werden.

Die Bestimmung des Keimgehaltes der verschiedensten Toiletten wurde mit Tupferabstrichen auf einer definierten Fläche an verschiedenen Einrichtungsgegenständen (Toilettenbrille, Spülknopf, Türklinke, Waschbecken etc.) durchgeführt.

2. Literaturübersicht

2.1. Hygienische Beurteilung von Toilettenanlagen

Bisher ist es noch weitestgehend ungeklärt, welches Gefahrenpotenzial im Hinblick auf eine etwaige Infektion von öffentlichen Toiletteneinrichtungen ausgeht.

Dazu kommt, dass nur wenige Untersuchungen in denen darüber eine Aussage getroffen wird bestehen und die Meinungen bei der Interpretation der Ergebnisse weit auseinander gehen. Im Allgemeinen wird von einem nur geringen Infektionsrisiko ausgegangen. Das mag Ursache dafür sein, warum dieses Thema auch in den Fachbüchern wenig Beachtung findet.

Die Festsetzung der potentiellen Gefahr hängt dabei nicht nur von dem Keimgehalt des Reservoirs ab, sondern auch, welche Personengruppe damit in Kontakt tritt. Sind es gesunde Personen in der Gesellschaft, oder zum Beispiel Krankenhauspersonal, welches mit Risikopatienten in Berührung kommt. Verschiedene Studien auf Instituts-, Haushalt- und öffentlichen Toiletten, u.a. KOOPMAN (1978), WEIDENFELLER et al. (1993) und AKHTER et al. (1995), haben gezeigt, dass ein Zusammenhang zwischen der Umgebungskontamination und Infektionen besteht.

Der menschliche Stuhl enthält nach STANIER et al. (1970) durchschnittlich 10^{10} aerobe Keime / g. Davon sind ca. 10^8 coliforme Keime (THOMSON, 1954). Im Stuhl infizierter Personen können bis zu 10^9 Salmonellen / g (THOMSON, 1954) und 10^6 bis 10^9 Shigellen (NEWSOM, 1972) enthalten sein. Eine gewisse Anzahl dieser Mikroorganismen kann während des Spülvorganges über Tröpfchenbildung in die Umgebung der Toiletten gelangen.

Des weiteren ist es für den Vergleich verschiedener Untersuchungen auch notwendig, die zugrundeliegenden Voraussetzungen und Untersuchungsmethoden zu beachten. So bewertet NEWSOM (1972) die fäkale Kontamination von Oberflächen nur anhand des Nachweises von *Escherichia coli*, obwohl dieser Keim relativ empfindlich auf

Umwelteinflüsse reagiert und andere Fäkalkeime deutlich länger als Indikatoren nachzuweisen sind und somit eine bessere Aussagekraft haben.

Die Übertragung von Krankheitserregern in bzw. durch öffentliche Toilettenanlagen kann über verschiedene Wege erfolgen. Einmal durch direkten Kontakt mit kontaminierten Oberflächen der sanitären Einrichtungen (Spülknopf, Wasserhahn, Türklinke etc.), zum Zweiten sind auch Infektionen über tierische Vektoren, wie Fliegen, Schaben, Nager, etc. möglich und Drittens sind auch die Gefahren durch aerogene Infektionen nicht zu vernachlässigen. Es bestehen Untersuchungen (GERBA et al., 1975), in denen gezeigt wird, dass, in Abhängigkeit von der Tröpfchengröße, Aerosole bis in die tiefen Atemwegsregionen vordringen können.

Prinzipiell ist die Gefahr, sich mit Erregern einer meldepflichtigen Erkrankung und damit für diese Abhandlung besonders relevanten Erregern zu infizieren, relativ gering. Wird davon ausgegangen, dass sich wie zum Beispiel 1997 253000 Personen mit meldepflichtigen Infektionskrankheiten infizierten, von denen allein 42% auf die Salmonellen entfielen, bedeutet das eine durchschnittliche Infektion von ca. 700 Personen täglich. Wird berücksichtigt, dass nicht jede dieser Personen täglich öffentliche sanitäre Einrichtungen benutzt, und weiterhin ein Teil dieser Gruppe erkrankt, bettlägerig oder ähnliches ist, sinkt die Gefahr sich über Oberflächen mit Erregern einer meldepflichtigen Erkrankung zu infizieren, sehr stark. Nichts desto trotz geht ein Risiko natürlich auch von den übrigen fakultativ pathogenen Keimen aus, denen in allen Studien ebenfalls ein hohes Maß an Aufmerksamkeit geschenkt wird.

2.1.1. Vorkommen von pathogenen Keimen auf Oberflächen

Oberflächen mit fäkaler Kontamination müssen als Gesundheitsrisiko angesehen werden, obwohl einige Oberflächen häufig nur in geringem Maße kontaminiert sind. Dies betrifft im Allgemeinen trockene Flächen, da darauf ein Großteil der Viren und Bakterien aufgrund ihrer Anfälligkeit gegenüber Austrocknung eine nur kurze Überlebenschance haben.

Verschiedene Studien beweisen, dass Infektionen von Toiletten ausgehen können. HUTCHINSON (1956) bewies, dass Ausbrüche von Dysenterie durch Infektionen mit *Shigella sonnei* verursacht wurden. MCCULLAGH (1953) zeigte, dass der Hauptgrund einer *Trichomonas vaginalis* – Infektion der Sitz des Wasserklosetts war. Das Produzieren von bakterienbeladenen Aerosolen durch die Toilettenspülung war der Grund einer Studie von DARLOW & BALE (1959). WILLIAMS et al. (1966) zeigten, dass die Toiletten, besonders bei

Benutzung durch Personen, die gastrointestinale Infektionen in sich tragen oder mit Staphylokokken infiziert sind, ein signifikantes Risiko für Infektionen darstellen,.

Bereits 1973 befasste sich BRAUSS mit dem Problem der Gaststätten – und der Hotelhygiene und ging dabei im Hinblick auf die Infektionsgefahr darauf ein, dass Papierbeläge für die Toilettensitze, Einmalhandtücher und möglicherweise auch Waschbecken in den WC – Kabinen bereit gestellt werden sollten, um eine Verschmutzung der Türklinken zu vermeiden. Des weiteren sind kontaktfreie oder mit dem Fuß auszulösende Spülungen zwar aufwendiger, aber vom hygienischen Standpunkt aus den herkömmlichen Armaturen vorzuziehen.

GERBA et al. (1975) untersuchten, wie DARLOW & BALE bereits 1959, die Aerosolbildung und die damit verbundene Oberflächenkontamination nach dem Spülen. Sie gingen davon aus, dass neben der Keimübertragung über Tröpfchen (Husten, Niesen), auch über Aerosole, die bei der Toilettenspülung entstehen, eine Kontamination von umgebenden Oberflächen mit Bakterien und Viren stattfindet, bzw. ein Persistieren von im Kot vorkommenden Mikroorganismen in der Toilettenschüssel zur Folge hat, die auch durch das Spülwasser nicht zu eliminieren sind.

MÜLLER und RUDOLPH (1975) konnten bei der Untersuchung von Toilettenbrillen in öffentlichen Toiletten, in Hotels und Restaurants sowie in Flugzeugen auf Inlands- und Auslandsflügen nur eine erstaunlich geringe Zahl von relevanten Keimen finden und treffen die Aussage, dass es sich bei der Diskussion um die Toilettenhygiene in den meisten Fällen um ein ästhetisches Problem handelt.

Doch auch sie befürworteten Wegwerfartikel, wie Papierhandtücher oder elektrische Handtrockner um die Gefahr einer Keimverschleppung möglichst zu minimieren. Weiterhin konnten sie in zusätzlichen Untersuchungen zeigen, dass Aborte ohne Brillen ein Verspritzen von fäkal verunreinigtem Spülwasser auf den Toilettensitz erleichtern und somit der Toilettenbrille eine nicht zu unterschätzende Schutzfunktion zukommt.

Eine intensive Untersuchung über das Überleben von Bakterien auf verschiedenen Positionen innerhalb von Toiletten führten auch MENDES UND LYNCH (1976) durch.

Dabei wurden Männer- und Damentoiletten an für Kreuzinfektionen relevanten Stellen untersucht, und eine Vielzahl von Keimen fäkalen Ursprungs gefunden. Sie entdeckten z.B. die Fäkalflora (*Escherichia coli*, coliforme Keime, Enterokokken) am häufigsten am Wasserhahn und an Türgriffen, da die nach dem Händewaschen berührt werden, und die Feuchtigkeit deren Überleben begünstigt. Weiterhin waren das Waschbecken, Toilettensitze

und das Wasser im Toilettenknie hochbelastet. Spülgriffe und Türschlösser waren am wenigsten kontaminiert. Salmonellen und Shigellen wurden nicht isoliert. Außerdem konnten außer dem alleinigen Nachweis von Diphtheriebakterien keine Unterschiede im Keimniveau von Herren- und Damentoiletten festgestellt werden. Im übrigen wurde das gesamte Spektrum an Keimen, die im menschlichen Kot vorhanden sind, gefunden. Das Waschbecken (90%) und die Toilettenbrille zeigten die häufigste Kontaminationsrate, letztere teilweise jedoch nur mit geringen Keimzahlen. Unerklärlich ist hier, warum die Toilettenschüsseln der Damentoilette geringer kontaminiert sind, als die der Herrentoilette, obwohl die Damentoilette sowohl für das Urinieren, als auch für den Stuhl benutzt wird.

Nach NOLTE und OSTERTAG (1978) sind etwa ein Drittel der Toilettenanlagen an Bundesautobahnen mit Bakterien fäkaler Herkunft und ein Drittel mit *St. aureus* kontaminiert. Nach Ansicht der Autoren sind damit zusammen mehr als die Hälfte der Toilettenanlagen an Bundesautobahnen hygienisch bedenklich und als potentiell gesundheitsgefährdend einzustufen. So fanden sie bei stichprobenartigen Kotuntersuchungen in 10% der Proben gefährliche Krankheitserreger. Ca. 30% der Türgriffe wiesen *St. aureus* auf. Enterobacteriaceae wurden mit über 30% am häufigsten auf den Toilettenbrillen gefunden, davon an drei Stellen Salmonellen, ohne Anreicherung. In fünf weiteren Fällen wurden Shigellen auf Toilettenbrillen und Türgriffen gefunden. Auch widerlegen NOLTE und OSTERTAG die bisherige Aussage, dass auf Türklinken aus Metall nur wenig Keime zu finden sind.

Die Waschraumdrücker waren stärker mit Enterobacteriaceae behaftet, als die WC-Türdrücker. Die beiden Verfasser stellen die Hypothese eines potentiellen Infektionsrisikos auf, und gehen dabei davon aus, dass bei Vorhandensein fakultativ pathogener Keime auch die Anwesenheit obligat pathogener Erreger nicht ausgeschlossen werden kann.

Ebenfalls 1978 traf KOOPMAN im Rahmen einer Studie über die Zusammenhänge zwischen Durchfallerkrankungen und der Toilettenhygiene in Schulen die Aussage, dass schon mit einfachen Mitteln, wie robuste Toiletten, Spülkästen mit minimaler Wassermenge, regelmäßigem Wartungsservice und einer ausreichenden Bereitstellung von Toilettenpapier, Seife und Handtüchern, die deutliche Beziehung zwischen der Toilettenhygiene und dem Auftreten von Durchfallerkrankungen unterbrochen werden kann.

Eine 1985 veröffentlichte Untersuchung von SCOTT und BLOOMFIELD (1985) befasste sich mit der Effizienz von Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen auf Toilettenoberflächen. Die gefundenen Keimspektren entsprechen denen bereits bestehender Untersuchungen. Es wurden keine Salmonellen und Shigellen gefunden, aber ein breites Spektrum an

fakultativen Enterobacteriaceae. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass eine Beziehung zwischen dem Vorkommen von zum Beispiel *Escherichia coli*, Enterobacteriaceae und *Pseudomonas aeruginosa* in der Toilette und darauffolgend auch auf umgebenden Oberflächen besteht, d.h. eine Übertragung über Aerosole aus der Toilettenschüssel mit dem Spülen stattfindet.

Auf Grund ihrer Untersuchungsergebnisse gehen die Autoren davon aus, dass ein regelmäßiges Reinigen der Toiletten ausreicht, um das Keimniveau auf einem akzeptablen niedrigen Level zu halten und nur in Seuchenfällen, d.h. bei Ausbrüchen von epidemischen Zuständen oder gezielt in der Toilettenschüssel selbst und der unmittelbaren Umgebung eine zusätzliche Desinfektion sinnvoll ist.

GÜNTHER et al. (1984) befassten sich mit den Türklinken als Keimüberträger, da die Hand von allen Möglichkeiten der Keimübertragung und Keimverschleppung diejenige ist, welche die größte Rolle spielt. Sie konnten feststellen, dass sich Metalle und Kunststoffe in ihrem Einfluss auf Mikroorganismen unterschiedlich verhalten. Die von mehreren Autoren zuvor bereits beschriebenen bakteriziden Wirkungen der Metallklinken werden zum einen auf die Adsorption von positiv geladenen Metallionen an negativ geladene Bakterienzellen zurückgeführt, zum zweiten mit Fermentblockaden in der Mikrobenzelle erklärt. Dagegen konnte auf Kunststoffklinken eine positive Wirkung auf das Bakterienwachstum festgestellt werden. Ergebnis dieser Studie ist, dass die den Metallionen zugesprochene keimhemmende oder abtötende Wirkung nur im feuchten Zustand eine geringe Rolle spielt, der Aufwand im Vergleich zur Stärke des Effektes in keinem Verhältnis steht, d.h. es nicht notwendig ist auf Metallklinken zu bestehen, wenn stattdessen eine regelmäßige Reinigung der Toiletten ohnehin mit der Reinigung der Klinken einhergeht. In Risikobereichen ist das handlose Öffnen durch Fußbedienung oder Lichtschranke als Möglichkeit vorzuziehen.

WEHR (1986) zeigte ein erhöhtes Infektionsrisiko von Sanitäreinrichtungen in Autobahntoiletten und weist neben den gesundheitlichen Beeinträchtigungen auch auf die wirtschaftliche Bedeutung dieser Krankheiten hin.

In dieser Arbeit wurden Türgriffe in Toilettenanlagen an Bundesautobahnen untersucht. Dabei wurden auf 1,4 % der Türklinken *Escherichia coli*, auf 4,5 % coliforme Keime und auf 20,3 % der Türdrücker *St. aureus* nachgewiesen werden. Es wurden zwar keine obligat pathogenen Keime gefunden, der Autor betont aber, dass teilweise auf Grund des Keimaufkommens unmißverständliche Hinweise auf eine Infektionsgefahr bestehen und dies durch die regelmäßige Anwesenheit von Reinigungspersonal gesenkt werden kann.

HARPS et al. (1988) erforschten das Spülwasser in Toilettenbecken und den Beckenrand von Toiletten mittels Tupferabstrichen. Aus 59% der Spülwasserproben konnte *Escherichia coli* und aus 7% *Pseudomonas aeruginosa* isoliert werden. Am häufigsten wurden Enterokokken am Beckenrand gefunden. Die Menge lag jedoch nur bei einem Drittel bis einem Fünftel der Konzentration im Spülwasser.

Auch FLUK (1992) konnte anhand seiner Ergebnisse über die Untersuchung von Autobahntoiletten ein gesundheitliches Risiko nicht ausschließen.

Der Autor untersuchte Oberflächen in Toiletten von Reiseverkehrsmitteln und von Autobahnenraststätten. Hierbei wurden neben bakteriologischen auch virologische Proben untersucht. Die virologischen Ergebnisse waren jedoch allesamt negativ. Interessant war bei den bakteriologischen Ergebnissen die häufig stärkere Verschmutzung der Toiletten mit 10^3 bis 10^6 KBE / ml in den Reisezugwagen nach der Reinigung festzustellen. An den Autobahnraststätten waren erwartungsgemäß die Böden vor dem Urinal und der Toilette die Entnahmestellen mit den höchsten Werten von bis zu 10^7 KBE / ml. Wobei zwischen den Keimgehalten auf den verschiedenen Oberflächen teilweise erhebliche Unterschiede bestanden, dabei aber Herren – und Damentoiletten vergleichbare Ergebnisse zeigten. Auffallend waren die quantitativ hohen Keimzahlen von Enterobacteriaceae an den Spülknöpfen der Handwaschbecken.

Eine Bewertung des Hygienezustandes von häuslichen Oberflächen versuchten FINCH et al. (1978), um eine Aussage über das Überleben von Bakterien an verschiedenen Stellen des Haushaltes diskutieren zu können. In allen Bereichen wurden Enterokokken und *Bacillus spp.* unabhängig vom Feuchtigkeitsgrad der Oberflächen gefunden. Am Küchenboden wurden zwischen 10^5 und 10^{11} *E. coli* / 500 ml gefunden. Im Wohnraum konnten keine Enterobacteriaceae und nur in einem Wohnzimmer *Pseudomonas aeruginosa* entdeckt werden.

WEIDENFELLER et al. (1993) verglichen in ihren Untersuchungen die mikrobielle Belastung von Sanitärbereichen in öffentlichen Gebäuden und Privathaushalten. Dabei zeigte sich, dass die Keimbelastung auf Toiletten in den Schulen durchschnittlich um ein Drittel niedriger war als in den Kindergärten und Privathaushalten. Überall wurden *St. aureus*, Streptokokken und Enterobacteriaceae relativ häufig angezüchtet. In den Haushalten waren die gefundenen Enterokokken dreimal so hoch, und die isolierten Colibakterien fünfmal so hoch wie in den öffentlichen Toiletten. Die Ergebnisse lassen die Autoren schlussfolgern, dass nur eine geringe Infektionsgefahr besteht, wobei die Risiken in den Schulen und Kindergärten noch geringer sind als im Privathaushalt. Abgesehen von starker fäkaler Verschmutzung,

hochfrequentierten öffentlichen Toilettenanlagen und der ständigen Benutzung durch Ausscheider, ist somit die regelmäßige und gründliche WC-Reinigung als ausreichend, die zusätzliche Routinedesinfektion von Klosett - und Waschbecken hingegen eher als umweltbelastend und überflüssig zu bewerten.

BECKMANN et al. (1997) untersuchten das Keimaufkommen in einem lebensmittelproduzierenden Betrieb vor der Reinigung zum Zeitpunkt der größten zu erwartenden Kontamination und direkt nach der Reinigung. Dabei konnte festgestellt werden, dass an 7 der 10 Entnahmestellen nach der Reinigung das Keimniveau gleich oder höher war. Die Autoren vermuten, dass zum einen unsachgemäßer Umgang mit Reinigungsutensilien und zum anderen unsachgemäße oder falsche Anwendung von Reinigungs- und Desinfektionsmitteln dafür verantwortlich sind. Zusätzlich wird darauf hingewiesen, dass die mikrobiologische Beurteilung der Umgebung relativ beschwerlich ist, da im Gegensatz zur mikrobiologischen Beurteilung von Endprodukten, keine festgelegten Normwerte vorhanden sind.

POTASMAN et al. (1999) gelang es nachzuweisen, dass durchaus auch Toiletten die Ursache für die Übertragung von Sexuallykrankheiten sein können, deren nichtsexuelle Übertragung bisher als nicht möglich angenommen wurde, da das Argument bestand, diese Krankheitserreger können außerhalb des Organismus nicht überleben. In 10% der von ihm untersuchten Proben wurden *Ureaplasma urealyticum* oder *Mycoplasma hominis* gefunden. Für eine erfolgreiche Infektion über die Toilette ist allerdings notwendig, dass der Keim mindestens einige Minuten auf der Toilettenschüssel überlebt, am besten direkter Kontakt mit dem Penis stattfindet und die Infektionsdosis mindestens 5×10^4 Keime beträgt, um eine Urethritis auszulösen. Dies lässt die Autoren schlussfolgern, dass es notwendig ist, die Toiletten besser zu designen, bessere Spülmechanismen zu entwickeln oder wie bereits andere Autoren vorgeschlagen haben, auswechselbare Papiersitze zur Verfügung zu stellen.

Der ADAC DEUTSCHLAND hat im Jahre 2000 eine Studie veröffentlicht, in der 75 Autobahnraststätten Europas auf ihre mikrobielle Kontamination und gegebenenfalls ihre Gesundheitsgefährdung überprüft wurden. Die Proben wurden mittels Abklatschplatten an relevanten Stellen, wie Toilettensitz, Türgriff, Toilettentür und Wickelraum, entnommen. 23,5% der Toilettensitze wurden als „gesundheitsgefährdend“ mit einem Keimgehalt an pathogenen Erregern (*St. aureus*, *Ps. aeruginosa*, *E. coli*, *Proteus*, *Candida*) von mehr als 100 KBE eingestuft, wogegen weitere 59,7% als „mangelhaft gereinigt“ klassifiziert wurden, wenn mehr als 30, aber ubiquitär vorkommende Keime, gefunden wurden. Die Türgriffe waren im Gegensatz zu vielen anderen Studien zu 90,6% hygienisch „unbedenklich“ und nur

3,4% „gesundheitsgefährdend“. Insgesamt konnten keine obligat pathogenen Keime gefunden werden.

PLATEN et al. (2000) untersuchte Sanitäranlagen auf ihre Hygienesituation. Dabei spielten in dessen Studie neben bakteriologischen Untersuchungen auch der Versuch des Nachweises von Viren eine Rolle.

Die am häufigsten kontaminierten Oberflächen waren die Toilettenbrille (40%), die Armaturen am Waschbecken (25%) und die Betätigungsknöpfe im WC-Bereich (12%). Es wurde ausgesagt, dass keine Unterschiede bestehen zwischen Damen - und Herrentoilette, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den Keimgehalten verschiedener Materialien bestehen und dass im Gegensatz zu der Schlussfolgerung von WEHR (1986) die Anwesenheit von Reinigungs - oder Aufsichtspersonal keinen positiven Einfluss auf die Hygienesituation hat. Dabei wurden „echte“ Krankheitserreger nur selten nachgewiesen. Von 1500 Proben war nur in einer Salmonellen zu finden. Daraus schließt auch PLATEN, dass eine flächendeckende Verunreinigung mit Salmonellen oder ähnlich pathogenen Krankheitserregern sehr unwahrscheinlich ist, was aber weniger auf die überragende hygienische Situation in den öffentlichen Anlagen zurückzuführen ist, als vielmehr darauf, das in Deutschland der Durchseuchungsgrad der Bevölkerung gering und die medizinische Versorgung gut ist. Die Rolle, die kontaminierte Oberflächen in öffentlichen Sanitäreinrichtungen bei der Übertragung nichtmeldepflichtiger Infektionskrankheiten, besonders bei verschiedenen Erregern von Magen-Darm-Grippen, die im wesentlichen von Rotaviren ausgelöst werden, spielen, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit größer.

2.1.2. Mikroorganismen in sanitären Einrichtungen

Die Bedeutung der Frage der Lebensfähigkeit der Mikroorganismen außerhalb des Organismus ist unumstritten. Sowohl aus epidemiologischer Sicht, als auch für die Ausarbeitung eines wirkungsvollen Reinigungs- und Desinfektionsregimes ist eine Kenntnis über das quantitative und qualitative Keimaufkommen unbedingt notwendig.

Primär spielt die Frage eine Rolle, welche Keime auf öffentlichen Toiletten von Bedeutung sind. Dazu gehören vor allem die Keime, die zwangsläufig da, wo Menschen leben, mit der Umgebung in Kontakt kommen, d.h. die normale Hautflora, die im Allgemeinen als nichtpathogen eingestuft werden kann. Dazu kommen Mikroorganismen, die über den Kot und Urin ausgeschieden werden und zur normalen Keimflora gehören. Zusätzlich im Falle von Erkrankungen gegebenenfalls auch pathogene Erreger.

Das Risiko einer Erkrankung durch die Übertragung von Keimen der ersten Gruppe spielt nur eine untergeordnete Rolle, da diese überall durch menschlichen Kontakt übertragen und weitergegeben werden, sei es durch direkten Kontakt oder durch Tröpfchen. Das Hauptaugenmerk bei der Beurteilung der Hygienesituation und des Gesundheitsrisikos ruht daher auf der zweiten Gruppe von Mikroorganismen, wobei hier vor allem die Fäkalbakterien in Betracht gezogen werden, da Infektionskrankheiten des Harntraktes nur eine geringere Bedeutung haben.

2.1.3. Den Oberflächenkeimgehalt beeinflussende Faktoren

Generell sind mehrere Faktoren für die Überlebensfähigkeit verschiedener Mikroorganismen nicht nur auf den umgebenden Oberflächen, sondern auch für deren Widerstandsfähigkeit auf der Haut von Bedeutung.

Es muß davon ausgegangen werden, dass Mikroorganismen, sobald sie den Darm verlassen, sich in für sie völlig neuen Lebensbedingungen befinden, die insbesondere im Bezug auf Feuchtigkeit, Temperatur und Sauerstoffgehalt starke Unterschiede zum menschlichen Verdauungstrakt aufweisen. Dies hat zur Folge, dass je nach Widerstandsfähigkeit, die Keime mehr oder weniger schnell absterben. Es gibt inzwischen eine Vielzahl von Untersuchungen, die sich damit beschäftigt haben, die Oberflächen- und Klimabedingungen in den sanitären Einrichtungen so zu verändern, dass zusätzlich zu den bereits bestehenden für die Keime schlechteren Umweltbedingungen, möglichst durch Beeinflussung dieser Faktoren, eine Keimreduzierung erreicht wird.

2.2. Überlebensfähigkeit von Bakterien auf Oberflächen, Einfluss von Umweltfaktoren

Für die Überlebensfähigkeit von pathogenen Bakterien auf Oberflächen spielt vor allem die Keimart, Keimdichte, die Korrelation mit anderen Keimspezies, die Expositionsdauer und die Umgebungstemperatur eine Rolle. Hinzu kommen in trockener Umgebung die relative Luftfeuchtigkeit, die Zusammensetzung der Luft, die Stärke und Dauer der Lichteinwirkung sowie das Material und der Verschmutzungsgrad der Oberflächen. Untersuchungen hierzu wurden u.a. von MÜLLER und DINTER (1986), SMITH et al. (1996) und ROBINE et al. (2000) durchgeführt.

Die Fähigkeit einer Zelle in der Atmosphäre zu überleben, hängt direkt mit der Durchlässigkeit seiner Zellmembran zusammen. So haben Keime, die normalerweise im feuchten Milieu leben, wie z.B. *E. coli* oder *Salmonella spp.*, durchlässigere Zellwände und damit eine geringere Überlebensfähigkeit. Im Gegensatz dazu besitzen z.B. *St. aureus* und *Corynebacterium diphtheriae* relativ undurchlässige Zellwände. Auch kapselbildende Bakterien, wie Klebsiellen, besitzen bessere Überlebenschancen als nicht bekapselte Erreger.

Auch die Luftfeuchtigkeit fließt in die Voraussetzungen für ein Überleben auf Oberflächen mit ein. Es wird angenommen, dass bei geringer Luftfeuchtigkeit viele Keime absterben, da Stoffwechselprodukte auf der Oberfläche trocknen und dies toxische Effekte nach sich zieht. Der Einfluss der Temperatur lässt sich nur im Zusammenhang insbesondere mit der relativen Luftfeuchtigkeit sehen, da hohe Temperaturen gemeinhin mit einem kritischen Wassergehalt einhergehen.

Weiterhin muss in Bezug auf die öffentlichen Toiletten deren Frequentierung und die Häufigkeit der Reinigung berücksichtigt werden.

Dies ist auch in Bezug auf die Infektion über die Atemwege von Bedeutung. Untersuchungen haben gezeigt, dass noch Minuten nach der Benutzung einer Toilette, der durch den Luftzug einer Person aufgewirbelte kontaminierte Staub zu einem erhöhten Infektionsrisiko führen kann. Dies macht es notwendig, dass feucht und möglichst in kurzen Zeitabständen aufgewischt wird.

Bereits 1970 beschäftigten sich GUNDERMANN & JOHANNSEN mit der Überlebensdauer von Mikroorganismen auf Oberflächen und der Möglichkeit ihrer Beeinflussung. So sank zum Beispiel die Keimzahl unter dem Einfluß von Tageslicht durchschnittlich um 40%, wobei zwischen den hier verwendeten Keimen, *St. aureus*, *Escherichia coli* und *Klebsiellen*, keine deutlichen Unterschiede zu erkennen waren.

Im Zusammenhang mit der Entwicklung einer neuen Prüfmethode für Flächendesinfektionsmittel führten RATHMACHERS und BORNEFF (1977) eine Studie durch, welche die natürliche Absterberate auf Oberflächen und deren Beeinflussung betraf. Aus ihren Untersuchungen geht hervor, dass Temperaturveränderungen zwischen 20°C und 37°C die Rückgewinnungsrate kaum beeinflussen. Wogegen eine Erhöhung der Luftfeuchtigkeit von 11% auf 53% die Inaktivierung der Testkeime (*St. aureus*, Streptokokken, *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.* und *Pseudomonas aeruginosa*) stärker fördert. Eine weitere Erhöhung auf 85% hat wiederum nur noch einen geringen Einfluss.

Bei Untersuchungen von KLEINER und PROF? (1985) zeigte sich, dass *St. aureus* unabhängig von den Milieubedingungen gegenüber *E. coli* und *Pasteurella aeruginosa* die größte Überlebensfähigkeit besitzt. Innerhalb von 24 Stunden sank die Keimzahl maximal um eine Zehnerpotenz, was auf die hohe Austrocknungsresistenz zurückzuführen ist. Wogegen die ursprünglich im feuchten Milieu angesiedelten *E. coli* und *Pasteurella aeruginosa* gegenüber Austrocknung sehr empfindlich reagieren. Gleichzeitig werden hier auch Aussagen über die Überlebensrate auf unterschiedlichen Materialien getroffen. So wird gezeigt, dass die Überlebensfähigkeit von Mikroorganismen von Blech, über Beton bis zu Holz zunimmt. Auch hier nimmt die Anzahl an *St. aureus* gegenüber den „Nasskeimen“ im gleichen Zeitraum um ca. 2 Zehnerpotenzen weniger ab. Nicht außer acht zu lassen ist dabei aber das Ergebnis, dass sich die Überlebensdauer von Enterobacteriaceae unter der Anwesenheit von trocknungsresistenten Kokken vergrößert, die folglich eine Schutzfunktion ausüben.

MÜLLER und DINTER (1986) wiesen nach, dass die Überlebensrate von *E. coli* im luftgetragenen Zustand sehr stark unter dem Einfluss von Temperatur und Luftfeuchtigkeit steht. So besitzt *E. coli* bei 22°C und 85% Luftfeuchtigkeit die größte Halbwertszeit. Diese sank bei Erhöhung der Temperatur auf bis zu 40°C genauso ab, wie bei einer Senkung der Luftfeuchte auf 30-40%. Wobei *E. coli* insgesamt stärker von der Luftfeuchtigkeit als von Temperaturveränderungen abhängig ist, jedoch auch sensibel auf Temperaturerhöhungen zwischen 22 und 40 °C reagiert. Im Vergleich zu Kokken wird die Überlebensfähigkeit von *E. coli* als gering eingestuft. Die gleichen Autoren untersuchten 1988 die Überlebensfähigkeit von Pasteurellen. Ihre Ergebnisse zeigen, dass die Lebensfähigkeit dieser Keime bei hoher Luftfeuchtigkeit mit dem Ansteigen der Temperatur sinkt und bei trockener Luft sowohl hohe als auch niedrige Überlebensraten zu finden sind.

BÖHM (1993) untersuchte die Überlebensfähigkeit von verschiedenen Salmonellenspezies in der Umwelt. Da für Salmonellen die fäkal-orale Übertragung den Regelfall darstellt, besitzt

die Überlebensfähigkeit fäkal ausgeschiedener Salmonellen hierbei die entscheidende Bedeutung. Milieubedingungen wie Temperatur, Feuchtigkeit und pH-Wert spielen dabei eine große Rolle. Salmonellen stellen aber, wie heute bekannt ist, nur geringe Ansprüche an das sie umgebende Milieu. So liegt die Temperaturspanne für die beiden im Folgenden erwähnten Spezies bei 6,5 – 47°C. Während *S. enteritidis* auf glatten Oberflächen bei ca. 50% Luftfeuchte nur 2 Tage bzw. *S. typhimurium* nur ca. 14 Tage überleben, erhöht sich dieser Wert in einem Schutzmedium um ein Vielfaches. Laut HESS et al. (1974) sind Salmonellen z.B. in getrocknetem Kot über 900 Tage überlebensfähig. Außerdem besteht auch ein Übertragungsrisiko über tierische Vektoren, insbesondere über Schadinsekten, in denen *S. typhimurium* ein natürliches Wirtsreservoir besitzt. Insekten spielen vor allem in den Sommermonaten eine Rolle, was dort eine intensive Ungezieferbekämpfung notwendig macht.

FRYKLUND et al. (1995) verglichen die Überlebensfähigkeit und die Übertragung von *Escherichia coli* und *Klebsiellen* auf Händen und Oberflächen miteinander. Sie kamen zu dem Schluss, dass *E. coli* in der Kurzzeitbilanz generell besser überlebte als die *Klebsiellen*. Die Zeit in der 50% der Keime an der Luft bei 22°C abstarben, war bei *E. coli* länger als bei *Klebsiella spp.* Auf der Haut wurden dafür 6 bzw. 2 min, auf Glas 15 bzw. 8 min benötigt. Bei der Definierung des Langzeitüberlebens *Klebsiella spp.* aber das größere Überlebenspotenzial zeigten.

JAWAD et al. (1996) untersuchten den Einfluß von relativer Luftfeuchtigkeit auf *Acinetobacter spp.*, da diese mit wachsender Frequenz für nosokomiale Infektionen in Krankenhäusern verantwortlich gemacht werden, und wiesen nach, dass sich auch bei *Acinetobacter spp.* eine höhere Luftfeuchtigkeit positiv auf das Überleben auswirkt.

Ebenfalls mit dem Hauptaugenmerk auf nosokomiale Infektionen, untersuchten SMITH et al. (1996) den Einfluss verschiedener Oberflächen auf die Lebensfähigkeit von Staphylokokken und gramnegativen Bakterien. *St. aureus* war auf PVC-Oberflächen nach 5 Wochen nicht mehr nachweisbar, auf Baumwolle und auf proteinhaltigen Oberflächen aber noch 3 Monate zu finden. Dabei sank die Keimkonzentration aber nach 6-8 Wochen massiv ab. *Pseudomonas aeruginosa* und *Escherichia coli*, als Vertreter der gramnegativen Keime, waren nach 1 bzw. 2 Wochen nicht mehr nachweisbar. Schlussfolgerung dieser Studie war, dass Oberflächen, die mit Proteinen verunreinigt sind, eine gefährliche Quelle für Infektionen darstellen und es zu gewährleisten ist, dass nicht nur in Krankenhäusern, sondern auch in sanitären Einrichtungen darauf geachtet wird, dass die Oberflächen dauerhaft frei sind von biologischem Material (fäkale Verunreinigungen).

FUKUSHIMA et al. (1999) erörtern die Überlebensfähigkeit von shigatoxinproduzierenden *Escherichia coli* bei 5, 15 und 25°C im Rinderkot. Dieser Keim verursacht beim Menschen in wachsender Zahl hämorrhagische Colitiden und das hämolytisch-urämische Syndrom. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass *E. coli* bei 15°C am längsten überlebte, wobei eine höhere Konzentration von Mikroorganismen, die in das Probenmaterial eingebracht wurde, das Überleben von 1-8 Wochen auf bis zu 18 Wochen steigern kann. Dies lässt den Schluss zu, dass kontaminierter Kot unter Umständen eine gefährliche Infektionsquelle darstellen kann.

Das Überleben von Bakterien-aerosolen auf Glas, Plastik und Stahl stand im Mittelpunkt einer Studie von ROBINE et al. (1999). Unter den Überlegungen, dass ein Überleben von Mikroorganismen von den Kolonisationsmöglichkeiten auf Oberflächen abhängt, stellten die Verfasser fest, dass auf PVC die Mortalitätsrate, gefolgt von Glas und Stahl am höchsten ist. Bei 0% Luftfeuchtigkeit und 25°C konnten von aufgetragenen *Enterococcus faecalis* nach 96h nur noch 10% zurückgewonnen werden.

2.3. Überleben von Viren auf Oberflächen, Einfluss von Umweltfaktoren

Viren sind in der Umgebung eine Gefahr, auch wenn sie sich außerhalb lebender Organismen nicht vermehren. Die zunehmende Konzentration von Menschen und Tieren in der heutigen Zeit bedeutet eine deutliche Begünstigung der Übertragung von respiratorischen und enteralen Viren und erklärt die Schwierigkeit der Prävention der Übertragung. Bei der Übertragung spielen drei Punkte eine entscheidende Rolle. Zum Einen das ursprüngliche Agens, zum Zweiten der empfängliche Wirt und zum Dritten die Umgebungsbedingungen. Besonders die Bedeutung des letzten Punktes ist noch weitestgehend unklar.

Ausbrüche von Hepatitis A und akuter Gastroenteritis sind oft der Grund für die Besorgnis für viele Institutionen (Krankenhäuser, Kindertagesstätten, Schulen, etc.). Diese Viren sind in hohem Maße im Kot infizierter Personen zu finden, so dass eine Übertragungsgefahr besteht. Zum Beispiel ist die Übertragung von Enteroviren über kontaminiertes Wasser, Speisen und Oberflächen ein bekanntes Problem. Bei vielen Ausbrüchen spielen dabei kontaminierte Oberflächen als übertragendes Agens eine wichtige Rolle.

GWALTNEY & HENDLEY (1982) untersuchten die experimentelle Übertragung von Rhinoviren von einer Oberfläche auf gesunde junge Erwachsene. Dabei wurden Kunststoffoberflächen und Kaffeetassen mit Rhinoviren kontaminiert und nach Kontakt der Probanden Proben von Nasenschleimhaut und Konjunktiva untersucht. Bei 50% der

Probanden entwickelte sich nach dem Kontakt mit der Kaffeetasse eine Infektion, 56% infizierten sich nach dem Kontakt mit den Kunststoffoberflächen.

BEAN et al. (1982) untersuchten das Überleben von Influenzaviren auf Oberflächen, um Rückschlüsse über die Übertragung auf Hände schließen zu können. Sowohl Influenza A Viren, als auch Influenza B Viren überlebten auf nichtporösen Oberflächen wie Stahl oder Plastik 24 – 48 Stunden. Auf Stoff oder Papier aber nur 8 – 12 Stunden. In Nasen- und Rachensekreten und dem damit verbundenen Proteinschutz erhöhte sich die Überlebensfähigkeit auf einige Wochen. Nach der Übertragung auf Hände überlebte das Virus nur noch 5 Minuten. Experimentelle Studien zeigen, dass ein Mensch im Anfangsstadium der Erkrankung genug Influenzavirus ausscheidet, um umgebende Oberflächen schwer zu kontaminieren (DOUGLAS, 1975; HALL et al., 1979).

Mit dem Überleben von Rotaviren auf Oberflächen beschäftigten sich KESWICK et al. (1983). 16% der untersuchten Oberflächen und Hände des Personals in einer Kindertagesstätte waren positiv auf Rotavirus. Eine zusätzliche Untersuchung zeigte, dass Polioviren gegen Austrocknung resistenter sind als Rotaviren. Erstere waren von trockenen Oberflächen noch nach 90 Minuten zurückzugewinnen, Rotaviren dagegen nur bis zu 30 Minuten. Auf Grund der Daten seiner Untersuchung, kommt der Autor zu dem Schluss, dass Viren auf Oberflächen ausreichend lang überleben, um auf andere übertragen zu werden.

SATTAR et al. (1986) verglichen das Potenzial von Oberflächen bei der Übertragung von Rotaviren bei 4°C oder 22°C und Luftfeuchtigkeiten von 25%, 50% oder 85%. Auf nichtporösen Oberflächen wie Glas, Stahl oder Plastik kommt es bei Luftfeuchtigkeiten von 85% innerhalb von 2 Stunden zu einem rapiden Abfall der Virusaktivität. Auf porösen Oberflächen wie Baumwolle, Pappe und Papier sind die Ergebnisse sehr unterschiedlich. Vom Papier sind nach dem Eintrocknen von 3 Stunden noch 50 - 80% zurückzugewinnen, später aber keine Raten mehr realisierbar.

Der selbe Autor beschäftigte sich 1988 mit Enterovirus-70 und seiner Überlebensfähigkeit auf Stahl bei unterschiedlichen Luftfeuchtigkeiten. Der Vergleich mit anderen nichtporösen Oberflächen wurde vernachlässigt, da bei vorhergehenden Untersuchungen keine nennenswerten Unterschiede festgestellt werden konnten. Das Ergebnis war typisch für Picornaviren, d.h. sie werden schnell inaktiviert bei geringen und mittleren Luftfeuchtigkeiten, und überleben länger bei hoher Luftfeuchtigkeit (SATTAR, 1988).

Das Hepatitis A - Virus und der Effekt von relativer Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur auf dessen Überleben stand im Mittelpunkt einer Studie von MBHITI et al. (1991). Dabei war das

Überleben des Virus umgekehrt proportional zu Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Dies steht damit in direktem Kontrast zu den sonst nur geringen Überlebenschancen anderer Enteroviren bei geringer Luftfeuchtigkeit. Es erklärt auch, warum saisonale Ausbrüche von Polio-, Coxsackie- und Echoviren gehäuft im Sommer auftreten, Hepatitis A-Peaks im Allgemeinen aber im Winter liegen. Die Autoren stellen die These auf, dass der Grund für die höhere Stabilität der Hepatitis A-Viren auf deren Fähigkeit beruhen, Assoziationen mit zellulären Lipiden einzugehen.

Auch bei ABAD et al. (1994) steht ein Vergleich des Verhaltens verschiedener Enteroviren auf diversen Oberflächen und unter unterschiedlichen Bedingungen im Vordergrund. Auch hier ist man zu dem Schluss gekommen, dass die Austrocknung der entscheidende Faktor für das Überleben ist. Adenoviren und Polioviren zeigen deutliche Titerverminderungen, während die Titer von Hepatitis A-Viren und Rotaviren langsamer absinken. Die Anwesenheit von Kot wirkt sich bei Adenoviren und Polioviren auf nichtporösen Oberflächen positiv, auf porösen Oberflächen negativ aus. Des Weiteren lassen sich Adenoviren auf porösen Oberflächen von der relativen Luftfeuchtigkeit nicht beeinflussen.

2.4. Methoden zur Bestimmung des Oberflächenkeimgehaltes

Für die Erstellung des Hygienestatus einer öffentlichen Toilette in Bezug auf den Oberflächenkeimgehalt ist sowohl ein quantitativer als auch ein qualitativer Keimnachweis erforderlich. Es stehen die verschiedensten Methoden für den Erregernachweis zur Verfügung. Leider ist jede Methode mit Fehlern behaftet, so dass, abhängig von der Aufgabenstellung, die für den jeweiligen Versuchsaufbau relevante, die erforderliche Genauigkeit besitzende und ökonomischste Methode eruiert werden muss. Was es wiederum erschwert, die durch verschiedene Studien mit unterschiedlichen Methoden erhaltenen Werte zu vergleichen und einen Standard für die hygienische Situation auf Oberflächen an den verschiedensten Lokalisationen zu erarbeiten.

CORETTI (1966) veröffentlichte eine Abhandlung, in der er feststellte, dass die Verwertbarkeit wissenschaftlicher Untersuchungsergebnisse sehr wesentlich von der Methodik abhängt und zur Lösung eines Problems unter Umständen mehrere Methoden in Betracht gezogen werden müssen. Das Tupferabstrichverfahren eignet sich demnach besonders für qualitative und / oder grob quantitative Untersuchungen, bei denen es lediglich um den Nachweis bestimmter Keime oder Keimgruppen geht. Eine gewisse Standardisierbarkeit wird zusätzlich dadurch erreicht, dass Schablonen verwendet werden und mit Hilfe von z.B. Calciumalginat - Watte, welche sich in der Suspensionsflüssigkeit auflöst, das Problem mit der Dunkelziffer von am Tupfer verbleibenden Keimen gelöst wird. Der Vorteil des Abklatschverfahrens beruht in der fehlenden Zwischenmanipulation, da die Oberfläche direkt mit dem Agar in Kontakt gebracht wird. Es wird aber auch erwähnt, dass hiermit eine quantitative Aussage auch nur bei geringem Keimaufkommen getroffen werden kann, da es sonst zu Rasenbildung kommt und eine Auszählung nicht mehr möglich ist. Die beiden übrigen Verfahren eignen sich nur bedingt unter Praxisbedingungen. Das Abschwemmverfahren besitzt zwar eine gute Rückgewinnungsquote, beschränkt sich aber auf Behälter oder kleine Gegenstände und die destruktive Abschab- oder Abkratzmethode geht mit einer Zerstörung der Oberflächen einher und ist somit im Allgemeinen Laborversuchen vorbehalten.

Daneben erkannten KELCH und FRIESS bereits 1959, dass die kulturelle Ausbeute mit angefeuchteten Tupfern wesentlich erhöht werden kann und hier vor allem mit 0,1% tryptisch verdaulichem Pepton angereicherte Kochsalzlösung höhere Werte erwarten lässt, als reine physiologische Kochsalzlösung, in der Mikroorganismen ihre Lebensfähigkeit bereits nach kurzer Zeit einbüßen. Im Gegensatz dazu führt eine Verwendung von Nährbouillon zum Anfeuchten des Tupfers zu einer Keimvermehrung.

GUNDERMANN (1967) schließt sich der allgemeinen Meinung über das Tupferverfahren an und plädiert bei einer notwendigen quantitativen Bestimmung ebenfalls für die Abklatschmethode und untersuchte selbst die Möglichkeit dieses Verfahren zu modifizieren. Er kam zu dem Ergebnis, dass bei Verwendung einer Abklatschfolie (Löschpapier, Velours), diese den Vorteil hat, dass sie sich auch an unebene Oberflächen anpassen kann und die Möglichkeit besteht, bei nachfolgendem Kontakt mit dem Agar und der damit stattfindenden Keimübertragung, genauso viel Keime zu gewinnen wie bei dem direkten Abklatsch. Vorteilhaft hat sich dabei ausgewirkt, wenn die Folie vorher in Nährbouillon getränkt wurde.

Nach MACHMERTH und BÜCHNER (1972) ist die destruktive Methode heute veraltet und wird nicht mehr angewandt. Die Abspülmethode ist aufwendig und besitzt eine große Streubreite. Das Problem der Tupfermethode liegt in der Frage der Effektivität der Keimaufsammlung der zu untersuchenden Fläche und das Kontaktverfahren (indirekte oder direkte Abklatschverfahren) hat seinen Nachteil bei der Untersuchung unebener Oberflächen.

SPICHER und PETERS (1976) fanden heraus, dass mit der Tupferabstrichmethode die Keimpopulation nur zu einem Bruchteil erfasst werden kann und bei der weiteren Bearbeitung, z.B. dem Schütteln der Probe, auch wieder nur ein gewisser Teil zurückgewonnen wird. Sie schließen sich dem Vorschlag anderer Autoren an, und empfehlen zur Abklatschmethode überzugehen, da die überlebenden Keime in größerem Ausmaß erfasst werden können.

Bei Versuchen, die zum Ziel hatten, eine Untersuchungsmethode zur bestmöglichen Keimrückgewinnung zum Zwecke der Bestimmung des Oberflächenkeimgehaltes zu definieren, erwiesen sich bei BORNEFF (1977) grundsätzlich Staphylokokken als die besseren Modellkeime im Vergleich zu *Escherichia coli*, da sie weniger empfindlich sind als diese. Gleichzeitig plädiert auch sie für einen verstärkten Einsatz der Abdruck- oder Abspülmethode, da bei dem Abstrichverfahren bereits Unterschiede in den Ergebnissen verschiedener Untersucher auftraten, was auf unterschiedliche Techniken zurückzuführen ist und eine Standardisierbarkeit erschwert.

KAMPF (1979) stellte durch elektronenmikroskopische Aufnahmen fest, dass auch auf scheinbar glatten Oberflächen noch genügend Unebenheiten für Bakterien existieren, die sie in die Tiefe eindringen lassen und sie sich dadurch dem kulturellen Nachweis entziehen. Dies birgt die Gefahr in sich, dass bei Kontrollen nach der Reinigung ein gutes Desinfektionsergebnis vorgetäuscht wird, aber tiefer liegende Bakterien nur in geringer Zahl

abgetötet wurden. Aus diesem Grund verlangt die Beurteilung der Wirksamkeit eines Flächendesinfektionsmittels die Festlegung einer Keimreduktionsrate. In Tabelle 1 sind die Vor- und Nachteile verschiedener Methoden zur Bestimmung des Oberflächenkeimgehaltes zusammengestellt.

BÖHM und KRAUS (1983) untersuchten auf der Grundlage der Feststellung, dass neben der stetigen Veränderung des Keimgehaltes und der Keimpopulation auf Oberflächen, auch eine Reihe von Fehlern bei der Probennahme auftreten können, die Leistungsfähigkeit des Thran-Bakterienkollektors und verglichen sie mit anderen Verfahren zur Bestimmung des Oberflächenkeimgehaltes. Sie kamen dabei zu dem Ergebnis, dass die Absprühmethode mit dem Thran-Bakterienkollektor gegenüber den in der Praxis häufiger angewendeten Abstrich- und Abklatschtechniken deutliche Vorteile in Form einer höheren Rückgewinnungsrate hat. Außerdem ergaben die Analysen, dass diese Rückgewinnungsleistung bei hoher und niedriger bakterieller Kontamination gleichbleibend gut ist. Ebenbürtig war dem Kollektor bei den hier beschriebenen Untersuchungen nur das Abklatschverfahren mit Rodac-Platten.

Tab. 1: Untersuchungsmethoden für Oberflächen (nach Thran, 1979)

Verfahren	Vorteil	Nachteil
Agar-Kontaktverfahren (verschiedene Modifikationen) Ein flächenmäßig definierter fester Nährboden wird mit der zu untersuchenden Oberfläche in Kontakt gebracht	leichte Handhabung, preiswert, Schnellbewertung der Keimdichte, z.B. nach Reinigung und Desinfektion	nur auf ebenen oder geringgradig gewölbten und auf glatten Flächen anwendbar, bei nassen und rauen Flächen schlecht anwendbar, nicht standardisierbar
Tupferverfahren mit steriler Baumwollwatte werden Abstriche von mittels Schablone definierten Flächen hergestellt	leichte Handhabung, Erfassung von mehr Mikroorganismen als beim Agar-Kontaktverfahren, günstig bei schlecht zugänglichen Orten	große Ungenauigkeit bei rauen Oberflächen, Art der Tupferführung und Druckintensität können schwanken, nicht standardisierbar
Destruktives Verfahren Abschaben oder Ausstanzen einer flächenmäßig definierten Oberfläche	nach Homogenisation der Probe ist eine Keimzahlbestimmung exakt möglich	nicht routinemäßig möglich, genaue Flächendefinition nur beim Ausstanzen, die Oberfläche wird zersört, nicht bei allen zu untersuchenden Oberflächen möglich, nur beim Ausstanzen Standardisierung möglich
Abspül-Verfahren Abspülen oder Abschwemmen einer definierten Oberfläche und Weiteruntersuchung der Flüssigkeit	relativ einfach, billig, schnell, es wird ein grober Überblick erreicht	nur auf horizontalen Flächen möglich, es werden alle Keime erfasst, nicht routinemäßig möglich, Standardisierbarkeit ist schlecht möglich
Absprüh-Verfahren Absprühen einer definierten Fläche mit Spülflüssigkeit unter hohem Druck und Untersuchung der aufgefangenen Flüssigkeit	je nach Oberflächenart und angewandtem Druck werden zum Teil sämtliche Keime erfasst	bisher nur Untersuchung vertikaler Flächen möglich, Methode und Geräte nicht praxisreif

1994 beschäftigten sich MURMANN & HEYDE mit dem Einfluss von Temperatur und Zeit auf den Keimgehalt von Abstrichtupfern. Sie gehen davon aus, Tupfer vor allem an Orten

einzusetzen, die für die Reinigung und Desinfektion nur schwer zugänglich sind. Ergebnis ihrer Studie ist, dass es bereits nach einem Tag bei 20°C zu einer Keimvermehrung von zwei bis drei Zehnerpotenzen kommt, wogegen nach Kühlung keine signifikante Vermehrung festgestellt werden konnte. Nur Pseudomonaden vermehrten sich bei 4°C nach zwei Tagen noch um eine Zehnerpotenz. Schlussfolgerungen dieser Studie sind somit, eine unbedingte Kühlung der Proben bei längeren Transporten zu gewährleisten, um eine Ergebnisverschiebung zu vermeiden.

Eine neue Methode zur Feststellung des Oberflächenkeimgehaltes untersuchten PIZURRA et al. (1997). Sie platzierten Membranfilter direkt auf einer festen Oberfläche und entfernten sie bei Bedarf, um sie direkt auf einen Nährboden zu legen. Dies hatte den Vorteil, dass die, die Oberfläche kontaminierenden Keime, direkt auf der Stelle wachsen konnten, auf der sie sich niedergeschlagen haben, ohne die bei vielen anderen Untersuchungsverfahren üblichen Zwischenschritte. Ihre Tests mit Membranfiltern ergaben, dass man damit vor allem bei hohen Keimgehalten eine größere Anzahl von Bakterien zurückgewinnen kann und eine Unterschätzung der mikrobiellen Verunreinigung vermieden wird. Dabei garantiert auch diese Methode nicht, dass sämtliche abgelagerten Keime erfasst werden, aber sie ermöglicht eine definierte und einfache Probennahme. Ein weiterer Vorteil ist das langsame Wachsen der Mikroorganismen. Deshalb können hier bis zu 4000 Kolonien ausgezählt werden, wogegen auf Agar bereits 1000 Kolonien einen geschlossenen Rasen bilden und damit einzelne Kolonien nicht mehr differenzierbar sind.

2.5. Infektionswege

2.5.1. Kontaktinfektion, Schmierinfektion

Beide Begriffe sind im medizinisch - hygienischen Bereich weit verbreitet und beschreiben prinzipiell den gleichen Vorgang. Es handelt sich um die Aufnahme von Krankheitserregern durch Kontakt. Dieser kann dabei sowohl direkt von Organismus zu Organismus, oder indirekt unter Zwischenschaltung eines Gegenstandes erfolgen. Der Begriff der Schmierinfektion ist wohl der ältere und wahrscheinlich auf die Vorstellung von fäkalen Verunreinigungen zurückzuführen.

Ausgangspunkt für eine Schmier- oder Kontaktinfektion ist ein Keimträger der den Erreger ausscheidet, also selbst infiziert ist und auch erkrankt sein kann, dies aber nicht sein muß. Eine wichtige Komponente, eine Kontaktinfektion betreffend, ist der Anteil an infizierten und ausscheidenden Personen in der Bevölkerung. Das heißt, je höher der Durchseuchungsgrad ist, umso größer ist die Gefahr mit diesen Personen in Kontakt zu kommen, oder sich über von diesen kontaminierte Oberflächen selbst zu kontaminieren.

Berücksichtigung finden müssen weitere Faktoren. Zum einen der Weg über den die Erreger ausgeschieden werden, zum anderen die Fähigkeit der Keime auf verschiedensten Oberflächen zu überleben.

Die hier hauptsächlich in die Betrachtungen einbezogenen öffentlichen Toiletten spielen natürlich vor allem für Keime eine Rolle, die mit dem Stuhl oder Urin ausgeschieden werden. Aber auch die Oberflächenkontamination über den Speichel und nicht zuletzt über das Blut sind keinesfalls zu vernachlässigen.

Die Überlebensfähigkeit außerhalb des Organismus ist natürlich im Hinblick auf die indirekte Infektion von Bedeutung. Je robuster der Erreger gegen Austrocknung, Sauerstoff und Sonneneinstrahlung ist, um so länger kann er infektiös bleiben. Zusätzlich spielt auch die Oberflächenbeschaffenheit und die Anwesenheit organischen Trägermaterials eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Wichtigstes Kontakt - und damit Übertragungsorgan sind die Hände, die mit regelmäßiger Häufigkeit bei Toilettenbenutzungen mit kontaminierten Oberflächen in Kontakt treten und damit Ausgangspunkt für Infektionen sein können. Wobei auch hier die Oberflächenbeschaffenheit des Materials eine bedeutende Komponente darstellt. So ist laut PLATEN (2000) davon auszugehen, dass glatte Oberflächen sich zwar gut reinigen lassen, da es den Keimen nur in geringerem Maße gelingt, sich in Mikroporen zurückzuziehen, andererseits aber bei schlecht gereinigten oder deutlich bakteriologisch kontaminierten Oberflächen eine Übertragung im gleichen Maße auch gefördert wird.

Aber auch wenn die Übertragung auf die Hände stattgefunden hat, ist die Infektion erst dann erfolgreich wenn ein Transport zu einer Körperöffnung (in der Regel ist dies der Mund) erfolgreich stattfindet. Hierfür spielt natürlich zum Einen das hygienische Verhalten des Rezipienten und seine persönliche Prädisposition eine entscheidende Rolle. Zum Anderen ist die für den jeweiligen Keim notwendige minimale Infektionsdosis ausschlaggebend für das Entstehen einer Erkrankung.

PLATEN (2000) fasst die Faktoren, die zur Beschreibung des Infektionsweges „Kontakt- oder Schmierinfektion“ notwendig sind, wie folgt zusammen, und betont, dass das Zusammenspiel aller Faktoren für die Infektionsgefahr entscheidend ist.

- „Durchseuchungsgrad“ in der Bevölkerung
- Freisetzungshäufigkeit durch Ausscheidung
- Häufigkeit der Verschleppung auf Oberflächen
- Überlebenszeit auf Oberflächen
- Kontakt der verunreinigten Oberflächen durch Rezipienten
- Eintritt des Erregers in den Körper des Rezipienten
- Infektionsdosis
- Invasivität des Krankheitserregers
- Infektionsanfälligkeit des Rezipienten/Immunstatus

2.5.2. aerogene Infektionen

Eine aerogene Infektion erfolgt nach Inhalation und Abscheidung der Erreger in den Respirationstrakt. Die Effektivität einer aerogenen Infektion wird dabei neben der Virulenz und Infektionsdosis von der Eindringtiefe der Partikel in den Atmungsorganen bestimmt.

DARLOW et al. (1961) wiesen zum Beispiel nach, dass die letale Dosis von *S.typhimurium* bei respiratorischen Infektionen geringer ist als auf oralem Wege. Sie weisen daraufhin, dass aus diesem Grund die in der Luft vorzufindenden Keimzahlen als Infektionsursachen nicht unterzubewerten sind. Zum Beispiel ist laut DuPONT et al. (1961) für *S.flexerie* bereits die Aufnahme von weniger als 10^2 Keimen als Initialdosis ausreichend.

2.5.3. Sonstige Vektoren

Als übrige Vektoren spielen Schadnager, Insekten und im Hinblick auf die hygienische Situation vieler Autobahntoiletten auch Wildtiere eine Rolle.

Bereits 1964 bestätigte GREENBERG die bisher nur theoretische Infektionskette Fäkalien-Fliege-Mensch für *S.typhimurium*. Dies ist insbesondere für die Autobahnrastplätze von Bedeutung. Hier wurden von EFFENBERGER (1976) aus 10,9% der untersuchten Stuhlproben Salmonellen isoliert. Bei FLUK (1992) waren nur 4 der 127 untersuchten Kotproben salmonellenpositiv.

Die Wahrscheinlichkeit, durch zufälliges Hineintreten in salmonellenhaltige Fäkalien seine Schuhsohlen und damit seine häusliche Umgebung mit Salmonellen zu kontaminieren, ist mit Sicherheit deutlich höher, als durch Fliegen mit pathogenen Keimen infiziert zu werden. Jedoch ist die Gefahr nicht von der Hand zu weisen.

So untersuchte BUSS (1979) in verschiedenen Naherholungsgebieten über 1500 Fliegen hinsichtlich ihrer bakteriologischen Kontamination. Er konnte zwar keine obligat pathogenen Keime nachweisen, fand aber eine Vielzahl sonstiger Keime fäkalen Ursprungs. 16% der gefundenen Bakterien waren *Escherichia coli*, 11% *Staphylococcus spp.* und ebenfalls 11% *Enterococcus faecalis*.

Auch SIMMONDS und STEIN (1981), WEBER und STEIN (1981) sowie STEIN (1982) untersuchten Fliegen auf Fäkalkeime. Hier waren die Zahlen der gefundenen *E. coli* - Keime mit 49% und die gefundenen *Enterococcus faecalis* mit 18% sogar noch höher.

MITSCHERLICH & MARTH (1984) untersuchten die Überlebenszeit von *S. enteritidis* und *S. typhimurium* in und auf Insekten. In Schaben waren beide Spezies 17 bzw. 16 Tage überlebensfähig. In Fliegen betrug das Überleben nur 7 bzw. 5 Tage.

Die Ergebnisse lassen somit den Schluss zu, dass besonders in Gebieten mit hohem Fliegenaufkommen mit einer bakteriellen Kontamination von Lebensmitteln zu rechnen ist.

S. typhimurium hat ein natürliches Reservoir in Schadnagern. ANDERSSON und NILSSON (1991) sind sogar der Ansicht, dass durch verstärkte Anwendung von Schadnagerbekämpfungen, *S. typhimurium* und *S. enteritidis* erst in das Ökosystem eingebracht werden und so der Ausgangspunkt für Infektionen von Nutztieren geschaffen wird. Bei Ratten muß mit einer Befallsrate mit Salmonellen von 4% bis 30% gerechnet werden.

Auch wenn bei Insekten das Salmonellengeschehen nicht in vergleichbarem Maße stattfindet wie bei Schadnagern, so können sie sich doch in epidemiologische Kreisläufe einschalten, wie z.B. der Getreideschimmelkäfer beim Geflügel.

2.6. Indikatororganismen

2.6.1. Enterobacteriaceae

Unter dem Begriff der Enterobacteriaceae werden Keime zusammengefasst, die hauptsächlich im Darmtrakt von Menschen und warmblütigen Tieren, teils als normale Bewohner, teils als Krankheitserreger vorkommen, aber auch in der Außenwelt zu finden sind (HALLMANN und BURKHARDT, 1974). Die Familie der Enterobacteriaceae besteht aus gramnegativen aeroben oder fakultativ anaeroben Stäbchen. Diese Mikroorganismen lassen sich im Wasser, Boden, in der Luft und auch auf Lebensmitteln nachweisen.

Die Enterobacteriaceae sind 2-3 Mikrometer lange und etwa 0,5 Mikrometer breite, teils durch peritriche Begeißelung bewegliche, teils unbewegliche sporenlose Stäbchen und wachsen gut auf gewöhnlichen Nährböden. Sie bauen Glucose auf oxydativem und fermentativem Weg unter Gas- und Säurebildung ab und reduzieren Nitrat zu Nitrit.

Die Einteilung der Familie in Gattungen erfolgt aufgrund biochemischer und physiologischer Eigenschaften. Die pathogenen Arten verursachen Darmerkrankungen und Septikämien. Die in den letzten Jahren mehrmals gewechselte Klassifizierung kann auch heute noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden. Echte Krankheitserreger bei Mensch und Tier sind Arten der Gattung *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, *Escherichia* und *Klebsiella*, andere rufen nur unter bestimmten Bedingungen Krankheiten hervor (*Citrobacter*, *Enterobacter*, *Edwardsiella*, *Proteus*, *Serratia*) und gelten deshalb als bedingt pathogen (LINDNER, 1986).

In der Systematik der Bakterien nach Bergey's Manual of Determinative Bacteriology (BRENNER, 1974) werden der Familie der Enterobacteriaceae derzeit zwölf Gattungen zugeordnet, die hinsichtlich ihrer Pathogenität in zwei Gruppen eingeteilt werden und sich leicht von der Klassifizierung durch LINDNER (1986) unterscheidet.

Tab.2: Einteilung der Enterobacteriaceae (BRENNER, 1974)

A	B
<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia</i>
<i>Shigella</i>	<i>Edwardsiella</i>
<i>Salmonella</i>	<i>Citrobacter</i>
<i>Arizona</i>	<i>Klebsiella</i>
<i>Yersinia enterocolitica</i>	<i>Enterobacter</i>
	<i>Serratia</i>
	<i>Proteus</i>
	<i>Providencia</i>
	<i>Yersinia</i>

Die unter Gruppe A aufgezählten Gattungen können dabei weitgreifende Epidemien oder sporadische Fälle von Darmerkrankungen auslösen, während Vertreter der Gruppe B gelegentlich begrenzte oder sporadische Krankheitsausbrüche von Diarrhöen, v.a. beim Menschen verursachen können (ROLLE und MAYR, 2001).

Schon seit vielen Jahren wird der Nachweis von Enterobacteriaceae als Indikatorfunktion dazu genutzt, die mikrobielle, speziell die fäkale, Kontamination darzustellen und damit den Hygieniezustand von Oberflächen oder Substraten zu charakterisieren.

2.6.1.1. Coliforme Keime

Der Begriff ‚coliforme Keime‘ ist in der bakteriologischen Taxonomie nicht ausgewiesen. Nach BORNEFF (1987) stellt er eine Hilfskonstruktion dar, deren Verwendung mit dem großen Aufwand eines exakten Nachweises von *Escherichia coli* zu erklären ist. Allen Definitionen für coliforme Keime ist gemeinsam, dass sie sich auf laktosevergärende Enterobacteriaceae beziehen, wobei nähere Anzüchtungskriterien nicht vereinheitlicht werden. Nach BECKER und TERPLAN (1987) werden sowohl die klassischen Coliformen der Gattungen *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* und *Citrobacter* als auch die seltener nachgewiesene Gattung *Lluyvera* sowie die laktosenegativen Spezies *Hafnia alvei* und *Serratia liquifaciens* erfasst.

Nach der Verordnung über Trinkwasser und Brauchwasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasserverordnung - TrinkWVO; ANONYM, 1986) werden coliforme Keime u.a. zur Beurteilung deren Qualität herangezogen, wobei in Trinkwasser in 100 ml keine coliformen Keime enthalten sein dürfen.

Der wichtigste Vertreter dieser Gruppe, vor allem aus hygienischer Sicht, ist mit Sicherheit *Escherichia coli*. Dieser Keim ist ein normaler Darmbewohner, der alle Säuglinge nach der Geburt kolonisiert, und für den Rest des Lebens ein Teil seiner Darmflora bleibt und im Allgemeinen bei Umgebungsuntersuchungen herangezogen wird, um eine fäkale Verunreinigung zu beweisen. Ihm kommt also als Indikator eine maßgebliche Bedeutung zu. Z.B. untersuchten deWIT und ROMBOUTS (1992) die Übertragung von *E. coli* über die Hand und kamen dabei u.a. zu dem Schluss, dass *E. coli* aufgrund seiner geringeren Lebensfähigkeit, den besseren Indikator gegenüber Salmonellen oder anderen Enterobacteriaceae darstellt. Laut HALLMANN und BURKHARDT (1974) wird der Anteil der Colibakterien an der Gesamtdarmflora im Mittel auf etwa 5% geschätzt. Die Zahlen pro Gramm Stuhl schwanken

dabei zwischen 10^5 und 10^9 Keimen. ROLLE und MAYR (2001) gehen mit durchschnittlich 1% und 10^4 bis 10^9 Keimen pro Gramm von geringeren Zahlen aus. DE WIT und ROMBOOTS (1992) sprechen von 10^7 - 10^9 Keimen pro Gramm Kot. *E. coli* repräsentiert zusammen mit den Enterokokken die Begleitflora. Die meisten Stämme sind apathogene, harmlose Kommensalen. Gewisse Colitypen können aber auch als fakultativ oder obligat pathogene Krankheitserreger in Erscheinung treten und enterotoxische oder enterotoxämische Darmerkrankungen und Septikämien verursachen. Coli-Infektionen können in jedem Organ auftreten und demzufolge kann das durch den Infektionsprozess ausgelöste Krankheitsbild völlig unterschiedlich sein. Prädilektionsorte sind aber der Bereich der Harnorgane und die Gallenblase (HALLMANN und BURKHARDT, 1974).

Bezüglich der pathogenen Mechanismen werden verschiedene Gruppen von *E. coli* – Stämmen unterschieden. Bei Säuglingen die enteropathogenen *E. coli* (EPEC), die in den ersten Lebensmonaten die gefürchtete Säuglingsdyspepsie verursachen und ohne antibiotische Therapie eine bis zu 50%ige Letalität erreichen können. Diese Erkrankung tritt aber vorwiegend in Ländern mit mangelhafter Hygiene auf. Bei Erwachsenen treten die enteropathogenen *E. coli* in zunehmenden Maße als Erreger von Darmerkrankungen in Erscheinung. Dies sind auch hier EPEC, die aber nur selten in Erscheinung treten, und einen fieberhaften Brechdurchfall verursachen, des weiteren enterotoxigene *E. coli* (ETEC), die Durchfall, z.B. die Reisewasserstühle verursachen, enteroinvasive *E. coli* (EIEC), die eine der Shigellenruhr ähnelnde Durchfallerkrankung verursachen und enterohämorrhagische *E. coli* (EHEC), die erst in den letzten 20 Jahren verstärkt in Erscheinung getreten sind und schwere blutige Durchfälle mit lebensbedrohlichen postinfektiösen Syndromen wie dem hämolytisch-urämisches Syndrom (HUS) verursachen (ROLLE und MAYR, 2001). Obwohl die meisten Patienten die Infektion klinisch mit leichten bis mittleren Durchfällen überstehen, ist für Risikogruppen wie Kinder und Senioren eine Gefahr gegeben. Derartige *E. coli*-Stämme rücken den immer noch auf Platz eins stehenden Enteritis-Salmonellen epidemiologisch immer näher (TSCHÄPE, 1997).

Zur Höhe der Infektionsdosis gibt es keine einheitlichen Angaben. Im Allgemeinen scheinen Dosen von mindestens 10^5 Keimen erforderlich. Für EHEC reichen allerdings bereits $< 10^2$ Erreger aus.

Abschließend sei erwähnt, dass es diesem Organismus trotz des Wandels in den Lebensbedingungen des Menschen und seiner Umgebung stets gelungen ist, sich nicht nur zu behaupten, sondern über Jahre hinweg eine kritische Situation aufrechtzuerhalten.

2.6.1.2. Salmonellen

Salmonellen gehören aufgrund ihrer Pathogenität nicht zu den Indikatorkeimen, werden aber an dieser Stelle mit erwähnt, da sie in vielen Publikationen, so zum Beispiel bei MENDES und LYNCH (1976), Newsom (1972), Wehr (1986) und FLUK (1992), für die seuchenhygienische Beurteilung verschiedenster Einrichtungen und Medien herangezogen werden.

Heute sind sieben *Salmonella*-Subspezies bekannt, von denen aber nur die Subspezies *enterica* für den Menschen und warmblütige Tiere von Bedeutung ist. Alle der über 2300 Serovare der Gattung *Salmonella* sind als potentiell pathogen anzusehen (ROLLE und MAYR, 2001; FEHLHABER und JANETSCHKE, 1992). Die durch sie hervorgerufenen Erkrankungen zählen zu den weltweit häufigsten Zoonosen. Nicht als Zoonosen werden die beim Menschen auftretenden septischen Allgemeinerkrankungen angesehen, die durch *S.typhi* und *S.paratyphi* hervorgerufen werden.

Salmonellen sind fakultativ aerobe gramnegative Stäbchen, die in der Regel peritrich begeißelt sind und sich auf einfachen Nährmedien gut anzüchten lassen. Sie sind außerhalb des menschlichen oder tierischen Organismus lange lebensfähig. Am Boden, in offenen Gewässern oder Abwässern können sie sich wochenlang am Leben erhalten. Laut HESS et al. (1974) sind sie z.B. im Rinderkot über 3 Jahre überlebensfähig. In Nahrungsmitteln überstehen sie Einfrieren und Tiefkühlen und sterben z.B. bei 60°C erst nach 30 min ab.

Die für den Menschen gefährlichen Salmonelloseerkrankungen werden nach ROLLE und MAYR (2001) in zwei Gruppen unterteilt:

- Allgemeininfektionen:

Verursacht werden diese durch *S.typhi* und *S.paratyphi*. Nach einer relativ geringen Infektionsdosis von ca. 10^3 Keimen kommt es nach einer Inkubationszeit von durchschnittlich 14 Tagen zu hohem Fieber, Schüttelfrost, und anderen schwerwiegenden Krankheitssymptomen.

- Gastroenteritische Salmonellosen (im Dünndarm lokalisierter Brechdurchfall, ohne Septikämie):

Von ihnen geht die größte Bedeutung aus. Zu dieser Gruppe gehören u.a. die Serovare *S.typhimurium* und *S.enteritidis*. Diese als hochvirulent bekannten Erreger führen bei Mensch und Tier zu schweren gastroenteritischen und enterocolitischen Erkrankungen. Nach HARTUNG (1992) sind diese beiden Serovare mit einer Beteiligung von 95% die häufigsten Verursacher von menschlichen Erkrankungen durch Salmonellen. Die klinische Symptomatik äußert sich, in Abhängigkeit von der Infektionsdosis, laut ROLLE und MAYR (2001) mindestens 10^6 Keime, nach einer Inkubationszeit von ein bis drei Tagen durch Brechdurchfall, Abgeschlagenheit, Kopf- und Bauchschmerzen und hohes Fieber. Im allgemeinen klingen die Symptome nach wenigen Tagen ab, die Ausscheidung bleibt jedoch über unterschiedlich lange Zeiträume erhalten. Als Dauerausscheider werden Menschen bezeichnet, bei denen Salmonellen länger als ein Jahr im Stuhl nachweisbar sind (SANDER, 1993).

Der Hauptinfektionsweg bei Mensch und Tier erfolgt über die orale Aufnahme der Keime. Es werden aber auch aerogene Infektionen erwähnt (PIETZSCH, 1981), bei denen Staubpartikel als Vehikel dienen. Ein schwerer Verlauf ist von Dehydration begleitet und kann bis zu Koma und Tod führen. Die Mortalitätsrate ist jedoch gering (<1%). Besonders empfänglich sind Säuglinge, abwehrgeschwächte Personen, z.B. in Verbindung mit einer therapeutischen Immunsuppression, alte Menschen, HIV-Infizierte, etc. Aber auch gesunde Erwachsene können manchmal schwer erkranken.

Laut Statistik sind im Jahr 1997 253.000 Fälle von meldepflichtigen Erkrankungen bekannt geworden, von denen 106.000 Fälle, d.h. 42% auf Salmonellen zurückzuführen waren. Wobei, laut KÜHN (1993) der dramatische Gesamtanstieg der Salmonella-Infektionen des

Menschen auf einen Erregerwechsel zu *S. enteritidis* zurückzuführen ist. Geht man laut KRUG und REHM (1983) von einer 10-12fachen Dunkelziffer aus, so erkrankten 1997 1.060.000 – 1.272.000 Menschen an durch Salmonellen verursachten Gastroenteritiden. Eine lediglich scheinbare Zunahme aufgrund verbesserter Nachweismethoden oder einer vermehrten Meldequote ist dabei nicht anzunehmen, da sich weder die mikrobiologischen Routineverfahren noch die Meldepflicht innerhalb der letzten Dekade verändert haben (KIST, 1991).

2.6.2. Fäkalstreptokokken

Fäkalstreptokokken gehören zur Familie der Streptococcaceae, sind jedoch taxonomisch nicht definiert. CLAUSSEN et al. (1977, zit. nach Fluk, 1992) verstehen darunter alle Streptokokken, die in signifikanten Mengen aus den Faeces von Mensch und Tier isoliert werden können. Viele Autoren weisen darauf hin, dass dazu nicht nur solche Spezies wie *Enterococcus faecalis* oder *E. faecium* zählen, die ihren natürlichen Standort im Darm haben, sondern alle Passanten des Magen-Darm-Traktes. Dazu gehören vor allem auch Streptokokken oralen Ursprungs. PINTO et al. (1999) legten im Gegensatz dazu Wert darauf, Streptokokken oralen und fäkalen Ursprungs klar zu trennen und zu identifizieren, um sich bei der Definierung von fäkalen Kontaminationen nur auf die fäkalen Streptokokken zu beziehen.

Enterokokken werden in jüngster Zeit als die, die Begleitflora repräsentierenden Streptokokken mit dem Gruppen-Antigen D, als selbständige Gattung *Enterococcus* ausgegrenzt (ROLLE und MAYR, 2001) und bilden den Hauptanteil der Streptokokkenflora der menschlichen Faezes.

Streptokokken weisen gegenüber Umwelteinflüssen eine sehr hohe Resistenz auf. Am widerstandsfähigsten sind die Enterokokken (Serogruppe D). Alle beim Menschen als Krankheitserreger vorkommenden Arten sind nicht in der Lage, außerhalb des Darmes über längere Zeit am Leben zu bleiben. Sie sind ferner Indikatoren für die Verunreinigung von Trink- und Brauchwasser und werden aufgrund ihres Resistenzverhaltens zur Bestimmung der Wirksamkeit von Desinfektionsmitteln für verschiedene Materialien herangezogen. Aus lebensmittelhygienischen Gesichtspunkten kommt ihnen zwar eine Bedeutung als unspezifischer Lebensmittelvergifter zu, sie spielen aber als eigentlicher Krankheitserreger nur eine untergeordnete Rolle (BISPING und AMTSBERG, 1988).

Demgegenüber spielen Enterokokken und Fäkalstreptokokken laut KNUDTSON und HARTMAN (1992) bei menschlichen Infektionen, so z.B. bei Endocarditiden und Bakteriämien, sowie Durchfallerkrankungen von Neugeborenen eine Rolle.

2.6.3. Staphylokokken

Zur Gattung *Staphylococcus* gehören grampositive Kokken, die ubiquitär in der Natur verbreitet sind. Sie zeigen eine kräftige Katalasereaktion, spalten Zucker fermentativ, vermögen fakultativ anaerob zu wachsen (HALLMANN und BURKHARDT, 1974) und lassen sich auf allen einfachen Nährböden anzüchten.

Sie besitzen eine sehr stabile Zellwand und gehören aus diesem Grund zu den resistentesten Keimen unter den nichtsporenbildenden Bakterien. Sie sind sowohl gegen Hitze und Sonneneinstrahlung als auch gegenüber Austrocknung (KLEINER und PROF?, 1985) sehr resistent. Ihre Toleranz gegenüber hohen Salzkonzentrationen wird für diagnostische Zwecke genutzt. Der hohe Gehalt an Salz in Selektivmedien wird nur von Staphylokokken und z.T. von Streptokokken vertragen.

Sie besiedeln vor allem die Haut und die Schleimhäute. Wobei dies nicht immer klinische Erscheinungen zur Folge hat. Aus medizinischen Aspekten spielt v.a. *St. aureus* eine entscheidende Rolle. Als fakultativ pathogener Keim ist er an einer Vielzahl von Krankheitsbildern beteiligt und oft die Ursache für Wund- oder Allgemeininfektionen. So sind für den Menschen u.a. Furunkelbildung, Impetigo, Osteomyelitis, Endocarditis, Abszesse und Bakteriämie beschrieben (ROLLE und MAYR, 2001). Die Übertragung erfolgt im Allgemeinen durch den direkten Kontakt, wobei offene Abszesse oder Wunden das Hauptinfektionsreservoir darstellen. Aber auch aerogene Übertragungen sind bedeutsam (DINTER, 1985). Hinzufügend sei erwähnt, dass Staphylokokken bereits bestehende Krankheitsverläufe in ungünstigen Fällen negativ beeinflussen können, wobei hierfür eine lokale Schwäche der Hautoberfläche oder eine allgemeine Abwehrschwäche die Voraussetzung ist.

Klinisch äußert sich eine Staphylokokkeninfektion in Form von Hautentzündungen, Schleimhauterkrankungen (Bronchitis, Tonsillitis) oder als Allgemeinerkrankung (Septikämie). Als Enterotoxinbildner spielen einige Stämme auch als Lebensmittelvergifter eine Rolle (ROLLE und MAYR, 2001).

BOYCE et al. (1997) stellten in ihren Untersuchungen u.a. fest, dass in der Umgebung von Personen mit infizierten Wunden oder mit *St. aureus* im Urin die Frequenz der kontaminierten Oberflächen sechsmal größer war, was für die Oberflächen als Übertragungsweg spricht.

2.6.4. Hefen

Es handelt sich bei den zur Candidagruppe gehörenden Arten um dünnwandige, grampositive, kapsellose und nichtsporenbildende Hefen von ovaler Form. Diese Gruppe zählt ca. 30 Arten, die fast alle unter bestimmten Umständen als Krankheitserreger in Erscheinung treten können, wobei *Candida albicans* bei weitem an der Spitze steht. *Candida albicans* ist ubiquitär verbreitet und auch bei gesunden Personen zu einem gewissen Prozentsatz nachzuweisen. Die letzten Jahrzehnte sind dadurch gekennzeichnet, dass die medizinischen Praktiken sich ständig geändert haben und mehr invasive diagnostische und therapeutische Maßnahmen durchgeführt werden. In Verbindung damit kommt es auch zu einem wachsenden Antibiotikaeinsatz und damit steigt die Gefahr von Infektionen mit opportunistischen Keimen, inklusive *Candida spp* (RANGEL-FRAUSTO et al., 1994).

Klinisch tritt *Candida albicans* erst dann in Erscheinung, wenn zusätzliche Faktoren wie langandauernde Antibiotikabehandlung, Schwächung der Widerstandskraft, höheres Lebensalter, aber auch häufige Befeuchtung von Körperstellen hinzukommen.

Bevorzugte Orte der Lokalisation sind zum einen der Mund (Soormykose), der Darm (intestinale Candidose) und nicht selten auch die Lunge (Lungenmykosen).

2.6.5. Weitere Keime

Neben den oben beschriebenen Indikatorkeimen sind auf Oberflächen verschiedentlich noch eine Vielzahl anderer Mikroorganismen zu finden, die nicht zur Charakterisierung fäkaler Verunreinigungen herangezogen werden, aber zur Beschreibung und Darstellung der Sauberkeit auf Oberflächen und zur Ermittlung des Hygienestatus von z. B. sanitären Einrichtungen mit bedacht werden müssen.

Den Hauptteil nehmen hierbei Pseudomonaden ein, gefolgt von *Acinetobacter*.

Pseudomonaden:

Bakterien dieser Gattung sind in der Natur weit verbreitet und kommen im Boden, im Süß- und im Meerwasser vor. Einige Arten können bei Mensch und Tier unter Umständen zu Infektionen führen. Sie sind aufgrund ihrer ausgeprägten Resistenz gegen viele Antibiotika und Desinfektionsmittel als Erreger von Hospitalinfektionen und als Lebensmittelvergifter gefürchtet, wobei diese Keime, mit Ausnahme von *Ps.mallei*, als fakultativ pathogen anzusehen sind. Es handelt sich um gramnegative Stäbchen, die polar begeißelt und damit beweglich sind.

Ps.aeruginosa ist der heute am weitesten verbreitete Keim, während *Ps.mallei* und *Ps.pseudomallei* nur noch standortgebunden auftreten (ROLLE und MAYR, 2001).

Ps.aeruginosa ist als Saprophyt ubiquitär verbreitet und kann häufig auch in geringen Mengen in der normalen Darmflora gefunden werden. Zusammen mit anderen Keimen ist er als Sekundärerreger oft an Infektionen des Urogenitaltraktes oder bei Verbrennungen beteiligt. Primärinfektionen spielen nur bei geschwächten Individuen (Sepsis, Meningitis) eine Rolle (HALLMANN und BURKHARDT, 1974).

KLEINER und PROF? (1985) zeigten, dass *Ps.aeruginosa* relativ empfindlich auf Austrocknung reagiert, sich bei Anwesenheit von umhüllenden und nutritiv wirkenden Substanzen seine Überlebenszeit aber deutlich verlängern lässt.

Acinetobacter:

Diese apathogenen, gramnegativen Bakterien sind weit verbreitet und kommen besonders im Wasser und im Boden aber auch auf Schleimhäuten vor.

JAWAD (1996) isolierte sie von der Haut von Patienten, Krankenhauspersonal, trockenen unbelebten Objekten und verschiedenen Gegenständen. Die Überlebensrate war dabei bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit höher als bei niedriger.

2.6.6. Viren

Im Gegensatz zu Bakterien sind Viren nicht in der Lage, sich aufgrund eigener Stoffwechselleistungen zu vermehren. Sie bedürfen vielmehr für ihre Entwicklung lebende Zellen in die sie eindringen können, und die sie mit Hilfe ihres eigenen Genoms, Desoxyribonucleinsäure (DNS) oder Ribonucleinsäure (RNS), dazu zwingen, virusspezifische Substanzen zu produzieren (HALLMANN und BURKHARDT, 1974).

Dieser Nucleinstrang wird von einem Proteinmantel, Kapsid, umgeben. Viren die nur aus diesen beiden Elementen bestehen, werden als „unbehüllt“ bezeichnet. Bei einem erheblichen Teil der Viren wird das Kapsid noch von einer mehr oder weniger dicken Lipoproteinschicht umgeben. Diese Viren werden als „behüllt“ bezeichnet. Außerhalb von Zellen sind Viren nicht vermehrungsunfähig, d.h. sie werden erst infektiös und krankmachend, wenn sie in eine Wirtszelle gelangen.

Nur eine Minderheit von Viren ist für Mensch und Tier als pathogen zu bezeichnen. Die Mehrheit von ihnen erweist sich entweder als fakultativ pathogen oder apathogen (HORSCH, 1987).

Alle Versuche, Viren außerhalb lebender Zellen bzw. Organismen und, ähnlich den Bakterien, auf Nährböden zu züchten, schlugen fehl. Ihre Kultivierung ist nur mit Hilfe lebender, für die einzelnen Virusarten geeigneter Zellen möglich.

Die Wichtigkeit von Viren als Infektionsquelle ist unumstritten. Die Bedeutung als Ursache für im Krankenhaus übertragene Infektionen wird zunehmend mehr erkannt und beachtet. Bis zu 5% aller nosokomialen Infektionen sind viralen Ursprungs (WOLFF, 1992).

Die Virusverbreitung erfolgt dabei im Allgemeinen über Körperflüssigkeiten, die häufig von kontaminierten Oberflächen, auf denen die Keime überleben, auf anfällige Wirte transferiert werden. In Laboruntersuchungen konnte festgestellt werden, dass die Überlebensfähigkeit von Viren außerhalb des Wirtsorganismus vom Virustyp, ob unbehüllt oder behüllt, von der Luftfeuchtigkeit und von der Struktur der Oberfläche abhängig ist (BELLAMY, 1998). Nach GERBA (1984) ist inzwischen auch bekannt, dass ein Haupteffekt ihrer Persistenz, die Assoziation zu umgebenden Partikeln darstellt. KESWICK, 1983, z.B. stellte fest, dass sich unter Anwesenheit von Kot, das Überleben von Viren vergrößert und Schutz vor Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen bietet. Dieser Meinung allerdings widersprechen ABAD et al, 1994, die in ihrem Versuch feststellen, dass die Anwesenheit von Kot die Überlebensdauer in Abhängigkeit von der Oberfläche eher negativ beeinflusst.

AKHTER et al. (1995) die das Virusaufkommen in einem Krankenhaus untersuchten, stellten fest, dass das Auftreten von Rotaviren, weltweit die Hauptursache kindlicher Diarrhöen, auf Oberflächen mit der Anzahl an infizierten Patienten korreliert, wobei vielfach infizierte Erwachsene ein Reservoir für Kinder darstellen.

2.6.6.1. Enteroviren

Enteroviren gehören zur Gruppe der Picornaviridae. Es sind kleine überwiegend sehr widerstandsfähige, chloroform- und ätherstabile, kubische, unbehüllte, einsträngige RNS-Viren mit einer Größe von 22 bis 30 nm (ROLLE und MAYR, 2001). Mit Ausnahme der Hepatoviren sind sie relativ hitzeempfindlich und verlieren bei 55°C bereits nach 30 min ihre Infektiosität.

In der Gruppe der Enteroviren sind Viren zusammengefasst, die zusätzlich zu ähnlichen Krankheitserscheinungen auch die gemeinsame Eigenschaft besitzen, sich im Magen-Darm-Trakt zu vermehren. Sie werden mit dem Kot, gelegentlich auch mit Speichel oder Nasensekret, ausgeschieden und direkt über Kontakt oder indirekt durch Vektoren, wie Trinkwasser oder Nahrung, übertragen.

Nach ROLLE und MAYR (2001) sind 72 verschiedene Serotypen bekannt. Menschenpathogene Vertreter sind dabei das Poliomyelitisvirus, das Coxsackievirus und das ECHO-Virus (HALLMANN und BURKHARDT, 1974). Das Hepatitis-A-Virus des Menschen, welches früher den Enteroviren zugeordnet war, gibt heute einem neuen Genus *Hepatovirus* seinen Namen.

Infektionen mit Enteroviren sind weltweit verbreitet und verlaufen zum größten Teil subklinisch. Treten Fälle mit klinischen Symptomen auf, so zeigen sich diese manchmal als harmlose fieberhafte Erkrankungen, manchmal treten ernste und bleibende Lähmungen auf, manchmal enden sie tödlich. In gemäßigten Zonen treten Erkrankungen vor allem im Spätsommer und Herbst auf. Die Kontrolle der Poliomyelitisinfektionen durch die in den 50er und 60er Jahren eingeführten Impfstoffe, führte dazu, dass ein Großteil der Industrieländer frei ist von Poliomyeliserkrankungen und sich das Hauptaugenmerk den Nicht-Polio-Enteroviren (NPEV) zugewandt hat. Allein in den USA infizieren sich jährlich 5 - 10 Millionen Menschen an NPEV, wobei v.a. Kinder betroffen sind und das Infektionsrisiko mit dem Alter der Personen sinkt.

2.6.6.1.1. Poliomyelitisvirus

Die letzte schwere Poliomyelitisepidemie fand in der BRD 1961 statt. Durch die Einführung des oral zu verabreichenden Lebendimpfstoff nach *Sabin* und unter dem Eindruck dieser schweren Epidemie kam es zu einer konsequenten Umsetzung dieses Impfschutzes ab 1962 (WINDORFER und FEIL, 2000). Ergebnis dieser Vaccinierung ist, dass das Poliovirus laut der World Health Organisation so gut wie ausgerottet ist (HSIUNG, 2000).

Der Mensch ist der einzige Wirt für Polioviren und in Umweltmedien wie Abwasser ist es nicht langfristig überlebensfähig. Ein wesentliches Problem zur endgültigen Polio-Eradikation ist jedoch, dass nur etwa eine von 100 infizierten Personen manifest erkrankt, so dass in Bevölkerungen mit Impflücken das Virus prinzipiell vorhanden sein kann und immer wieder manifeste Erkrankungen auftreten können (WINDORFER und FEIL, 2000).

In den meisten Fällen verläuft eine Infektion, es wird per Tröpfchen oder fäkal-oral übertragen, inapparent oder mit milden klinischen Erscheinungen, wie Fieber, Kopfschmerz und Erbrechen. In ca. 1% der Fälle führt es zu einer schwerwiegenden klinischen Erkrankung mit dem Befall des Zentralnervensystems und der damit verbundenen aseptischen Meningitis und einer paralytischen Poliomyelitis.

2.6.6.1.2. Coxsackivirus

Die meisten menschlichen Coxsackievirusinfektionen verlaufen mild in Form von leichten Erkältungserscheinungen, können aber auch in seltenen Fällen zu schweren Lähmungen, Myocarditiden und Meningitiden führen.

2.6.6.1.3. ECHO-Virus

Auch diese Viren kommen im Darm vor und entsprechen hinsichtlich ihrem Infektionsweg und dem epidemiologischen Verhalten dem der anderen Enteroviren, d.h. sie werden oral aufgenommen und mit dem Stuhl ausgeschieden (HALLMANN und BURKHARDT, 1974). Durch sie werden vorwiegend bei Kindern Durchfallerkrankungen hervorgerufen, respiratorische Infekte und auch abakterielle Meningitiden verursacht. Meist verlaufen die Infektionen aber inapparent.

2.6.6.2. Rotavirus

Rotaviren sind weltweit verbreitete Viren, bei denen bisherige epidemiologische Studien auf einen hohen Durchseuchungsgrad in der Bevölkerung hinweisen. Diese Viren verursachen bei Neugeborenen streng auf den Darmtrakt lokalisierte Infektionen, die häufig als Bestandteil von Mischinfektionen auftreten.

Die Virusausscheidung erfolgt über den Kot und kann nach den ersten klinischen Symptomen 3 bis 10 Tage andauern. Die Infektion geschieht hauptsächlich über den oralen Weg. Infektionen werden im Herbst und Winter häufiger beobachtet, wobei häufig ältere Personen mit inapparent verlaufenden Infektionen das Virusreservoir darstellen (ROLLE und MAYR, 2001).

Rotaviren sind relativ widerstandsfähig und wie Enteroviren chloroform- und ätherstabil. ANSARI et al. (1988) zeigten, dass Rotaviren auf unbelebten Oberflächen und auf Händen über mehrere Stunden ihre Infektiosität behalten und so auch indirekt übertragen werden können. Wobei nach SATTAR et al. (1986) den Umgebungsbedingungen eine große Bedeutung zukommt. So sinkt die Virusaktivität bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 85% rapide ab.

2.6.6.3. Adenovirus

Menschliche Adenoviren sind weltweit verbreitet und stehen im Zusammenhang mit akuten Atemwegserkrankungen, Infektionen der Augen und Durchfallerkrankungen bei Kindern. Vielfach verlaufen Infektionen aber auch symptomlos (HALLMANN und BURKHARDT, 1974)