

# 4 Übertragung von Infektionserregern

Für das Verständnis von Infektionen ist es entscheidend zu wissen, auf welchen Wegen Erreger übertragen werden. Daraus können die erforderlichen Schutzmaßnahmen abgeleitet werden. Bei der Patientenversorgung können Infektionserreger prinzipiell auf folgenden Wegen übertragen werden (für die Besonderheiten der Übertragung viraler Infektionen durch Kontakt mit Blut und/oder Körperflüssigkeiten siehe Kap.6) [587]:

- **Kontakt**  
Bei der medizinischen Versorgung ist die Übertragung durch direkten oder indirekten Kontakt am bedeutsamsten. Hierzu gehört auch die Übertragung von Erregern durch ein gemeinsames „Vehikel“ für mehrere Personen (z.B. kontaminierte Nahrung [513], Wasser [126] oder Blutprodukte [60, 538, 784]).
- **Tröpfchen**  
Kontakt mit respiratorischen Tröpfchen an den oberen Atemwegen bei geringer Distanz ( $\leq 1$  m)
- **Luft**  
Übertragungen durch die Luft, sog. aerogene Übertragungen, kommen nur sehr selten für die Entstehung von Infektionen in Betracht. Deshalb spielen Maßnahmen zur Unterbrechung aerogener Übertragungswege im klinischen Alltag nur in wenigen Situationen eine Rolle (siehe Kap. 11.1 und 11.5).

## 4.1 Formen der Erregerübertragung

### Kontaktübertragung

Erregerübertragungen durch Kontakt spielen bei der Patientenversorgung innerhalb und außerhalb

des Krankenhauses die größte Rolle; man unterscheidet zwei Formen [525, 587]:

#### Direkter Kontakt

Eine Erregerübertragung kann durch Körperkontakt von einer infizierten oder kolonisierten Person auf einen „Empfänger“ stattfinden (z.B. bei Scabies).

#### Indirekter Kontakt

Der Kontakt eines „Empfängers“ mit den kontaminierten Händen des Personals oder mit einem kontaminierten Gegenstand, der z.B. nach der Anwendung bei einem Patienten nicht oder unzureichend aufbereitet wurde, kann ebenfalls zu einer Erregerübertragung führen, wenn der Gegenstand mit Körperstellen in Berührung kommt, an denen ein Erregerkontakt zu einer Besiedlung bzw. Infektion führen kann (z.B. offene Wunden, Venenkathetereinstichstelle, Schleimhäute der oberen Atemwege bei intubierten und beatmeten Patienten). Möglich ist auf diese Weise gleichermaßen ein parenteraler Kontakt, z.B. bei einer Nadelstichverletzung.

Statt des Begriffs „Kontaktübertragung“ ist heute unter medizinischem Personal immer noch der laienhafte und eher umgangssprachliche Begriff der „Schmierinfektion“ verbreitet, der – eigentlich als beschönigende Umschreibung für den fäkal-oralen Übertragungsweg gedacht – nicht mehr verwendet werden soll.

**Merke**

„Schmier“ ist ein Bild für eine mit bloßem Auge sichtbare Kontamination. Der Begriff wird damit der komplexen Problematik der Übertragung von Erregern durch lediglich mikroskopisch nachweisbare Kontaminationen nicht gerecht. Zudem ist er in der internationalen Fachliteratur nicht üblich und sollte auch deshalb durch den umfassenderen Begriff der Kontaktübertragung ersetzt werden.

**Tröpfchen**

Eine spezielle Form der Kontaktübertragung kann durch Tröpfchen (engl. „droplets“) respiratorischen Sekrets zustande kommen. Solche Tröpfchen können nur kurze Strecken in der Luft zurücklegen, weshalb eine Übertragung der in den Tröpfchen (möglicherweise) enthaltenen Erreger nur bei einem engen Kontakt von zwei Personen (von Angesicht zu Angesicht mit max. 1 m Abstand) stattfinden kann.

„**Tröpfcheninfektion**“. Die Übertragung von Infektionen durch erregerhaltige Tröpfchen respiratorischen Sekrets, die sog. Tröpfcheninfektion, kann via Kontakt oder via Luft (= aerogen) erfolgen. Zur Verdeutlichung des im individuellen Fall gegebenen Übertragungsweges muss zwischen Tröpfchen

(„droplets“) und sog. Tröpfchenkernen (engl. „droplet nuclei“) differenziert werden (siehe Abb. 4.1 und Tab. 4.1) [126, 219, 587, 799].

Sedimentation und Verdunstung von Tröpfchen verschiedener Größe sind in der Tabelle 4.2 dargestellt.

Die Tröpfcheninfektion gibt es demnach nicht, denn eine „Tröpfcheninfektion“ kann auf zwei Wegen entstehen (Beispiele in Tab. 4.3):

- Erregerübertragung via Kontakt mit (erregerhaltigen) Tröpfchen ( $> 100 \mu\text{m}$ ) bei einem Abstand von maximal 1 m zwischen Erregerreservoir und den Atemwegen des „Empfängers“,
- Erregerübertragung via Luft durch Inhalation von Tröpfchenkernen ( $< 10 \mu\text{m}$ ) (= einzelner Erreger mit höchstens noch minimaler Wasserhülle), die sich als schwebende Partikel und in der Luft stark verdünnt über weite Strecken vom Erregerreservoir entfernen können.

**Nasopharyngeale Besiedlung.** Die vordere Nasenhöhle ist ein wichtiges Reservoir für *Staphylococcus aureus* und auch für A-Streptokokken. Dies ist seit langer Zeit bekannt und Gegenstand vieler Untersuchungen gewesen [122, 315, 316, 379, 685a]. Viele Personen außerhalb und innerhalb des Krankenhauses sind insbesondere mit *S. aureus* besiedelt, teils nur zeitweise, teils dauerhaft. Bei manchen Personen kann man dagegen nie eine

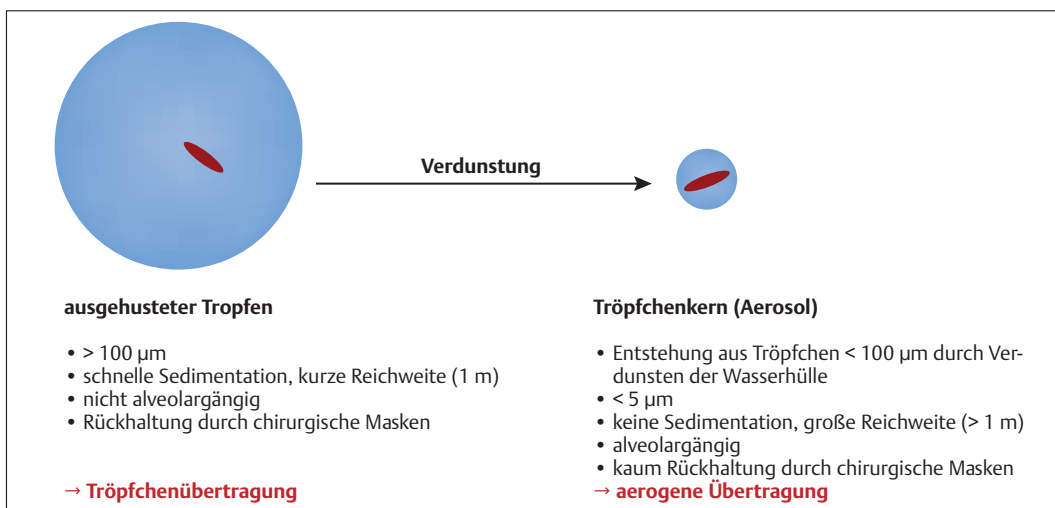


Abb. 4.1 Tröpfchen- vs. aerogene Übertragung.

Tabelle 4.1 Charakteristika von Tröpfchen und Tröpfchenkernen.

<b>Tröpfchen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchmesser zwischen 100 µm und 2 mm</li> <li>• Aufgrund ihrer Größe relativ schwer, deshalb rasche Sedimentation auf die nächste horizontale Oberfläche in geringem Abstand vom Ort der Freisetzung</li> <li>• Wegen der schnellen Sedimentation kaum Verdunstung der Wasserhülle</li> <li>• Beim Husten und Niesen freigesetzt, abhängig von der dabei wirkenden Kraft, z. B. des Hustenstoßes, mehr oder weniger weit durch die Luft geschleudert, maximal jedoch über eine Strecke von 1 m</li> <li>• Bei geringem Abstand von Angesicht zu Angesicht Kontakt mit den Tröpfchen möglich, z. B. an den Schleimhäuten von Mund, Nase und Augen</li> </ul>
<b>Tröpfchenkern</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchmesser &lt; 5 µm</li> <li>• Entstehung aus Tröpfchen &lt; 100 µm, die wegen ihrer geringen Größe sehr leicht sind und deshalb nur sehr langsam sedimentieren</li> <li>• Dadurch lange in der Luft und während der (langsamen) Sedimentation weitgehende Verdunstung der Wasserhülle</li> <li>• Anschließend nur noch (ggf. vorhandener fester) Kern vorhanden (z. B. Salzkristalle oder Mikroorganismen)</li> <li>• Schwebende Partikel, die über lange Zeit mit dem Luftstrom auch in größere Entfernungen vom Ort ihrer Freisetzung getragen und währenddessen von anderen Personen inhaliert werden können</li> <li>• So klein, dass sie bis in die tiefen Abschnitte des Respirationstraktes (Alveolen) gelangen können, weil sie nicht wie größere Tröpfchen durch Zentrifugalkräfte bereits von der Schleimhaut des oberen Respirationstraktes aufgefangen werden</li> </ul>

Tabelle 4.2 Sedimentation und Verdunstung von Wassertröpfchen [219].

<b>Sedimentation in gesättigter Luft</b>	<b>Tröpfchendurchmesser</b>	<b>Fallgeschwindigkeit aus 2 m Höhe<sup>1)</sup></b>
	100 µm	6 sec
	10 µm	10 min
	1 µm	16,6 h
<b>Verdunstung in ungesättigter Luft</b>	<b>Tröpfchendurchmesser</b>	<b>Verdunstungszeit bei 18 °C</b>
	2 mm	11 min
	1 mm	3 min
	0,5 mm	41 sec
	0,2 mm	7 sec
	0,1 mm (100 µm)	2 sec
	0,05 mm (50 µm)	0,4 sec

<sup>1)</sup> ca. Körpergröße zur Simulation der Freisetzung aus den Atemwegen

Besiedlung nachweisen (siehe Kap.16). Besiedelte Personen können kontaminierte Tröpfchen freisetzen. Die Tatsache der nasalen Besiedlung sagt aber noch nichts darüber aus, ob und in welchem Umfang potenziell pathogene Bakterien in die Umgebung abgegeben werden. Ein solcher Träger darf also im Falle eines Ausbruchs nicht unkritisch als dessen Quelle betrachtet werden (siehe Kap. 17).

### Aerogene Übertragung

Zwei Voraussetzungen müssen gegeben sein, damit eine Erregerübertragung auf aerogenem Wege zustande kommen kann [126, 219, 233, 587, 799]. Der Erreger muss

- sich in Form schwebender Partikel (= Aerosol) mit dem Luftstrom auf größere Distanz vom Er-

Tabelle 4.3 „Tröpfcheninfektion“ via Kontakt und via Luft.

	Bakterielle Infektion	Virusinfektion
Übertragung durch Kontakt	• Eitrige Angina	• Masern
	• Scharlach	• Windpocken
	• Diphtherie	• Mumps
	• Pertussis	• Röteln
	• Meningokokken-Meningitis	• Influenza
		• Atemwegsinfektionen
	• Gastrointestinale Infektionen	
Übertragung durch die Luft	• Tuberkulose	• Masern <sup>1)</sup>
		• Windpocken <sup>1)</sup>
		• Röteln <sup>1)</sup>
		• Influenza <sup>1)</sup>
		• Norovirusinfektionen <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Erregerübertragung durch die Luft bei natürlicher Belüftung von Gebäuden ohne schwere klinische Verlaufsformen unbewiesen (siehe Text)

<sup>2)</sup> Erregerübertragung durch die Luft unbewiesene Hypothese und Erregerübertragung durch Kontakt mit Tröpfchen von Erbrochenem keine aerogene Übertragung (siehe Kap. 4.1 und 11.3)

regerreservoir oder dem Ausgangsort des Erregers entfernen können und

- über längere Zeit in der Luft lebensfähig sein, um überhaupt in infektiöser Form an einer relevanten Eintrittsstelle mit einem „Empfänger“ in Kontakt zu kommen, also z.B. inhaliert werden zu können.

Die alleinige Tatsache, dass potenziell pathogene Mikroorganismen in Luftproben nachweisbar sind, ist demnach kein Beweis für deren aerogene Übertragbarkeit. Dies wird dennoch, wenn auch gelegentlich eingeschränkt, in dieser Weise interpretiert [7, 126].

### Schwebstoffe

**Aerosol.** Partikel (z.B. wässrig, fest, ölig), die so leicht sind, dass sie lange Zeit in der Luft schweben, bevor sie sedimentieren, nennt man Aerosol [126, 219, 233, 587, 799].

Infektiöse Aerosole bestehen entweder aus den Erregern selbst (= Tröpfchenkerne, evtl. noch umgeben von einer minimalen Wasserhülle)

oder aus mit Infektionserregern beladenen größeren, aber immer noch schwebenden Partikeln, wie z.B. Hautschuppen. Sie werden aus einem Erregerreservoir freigesetzt (z.B. Patient mit offener Tuberkulose der Atemwege, kontaminierte Wasserquelle, Patient mit *S. aureus*-Hautinfektion oder asymptomatisch an Haut und/oder Schleimhäuten mit *A-Streptokokken* besiedelte Person).

**Bio-Aerosol.** Im Gegensatz dazu bezeichnet man natürlicherweise in der Luft vorhandene Mikroorganismen, wie insbesondere *Aspergillen*, als „Bio-Aerosol“.

Eine exemplarische Übersicht über die Erregerübertragung via Kontakt bzw. Luft bei verschiedenen, auch außerhalb des Krankenhauses relevanten Infektionen zeigt die Tabelle 4.4.

Im klinischen Alltag gibt es so viele Möglichkeiten des direkten und/oder indirekten Kontakts mit Erregern, dass der aerogene Übertragungsweg von untergeordneter Bedeutung ist [525, 587].

Tabelle 4.4 Erregerübertragungen durch Kontakt und durch die Luft.

	Erregerreservoir/Erregerquelle	Beispiele für Infektionen
<b>Übertragung durch Kontakt</b>	• Mensch → Mensch	• Influenza
	• Nahrung, Wasser	• Gastroenteritis, Hepatitis A/E
	• Blut/Blutprodukte	• Hepatitis B/C
	• Erde, Staub	• Tetanus, Gasbrand
	• Tierbiss	• Tollwut
	• Katzenkontakt	• Toxoplasmose
<b>Übertragung durch die Luft</b>	• Mensch → Mensch	• Tuberkulose
	• Natur → Mensch	• Aspergillose

**Merke**

Man kann zur Frage der aerogenen Übertragung der typischen und häufigen nosokomialen Infektionen festhalten, dass immer dann, wenn im Einzelfall die Möglichkeit einer aerogenen Übertragung erwogen wird, fast immer ebenfalls die Übertragung via direkten oder indirekten Kontakt in Betracht kommt. Schon wegen der Konzentration der übertragenen Erreger ist Kontakt der wesentlich effektivere Übertragungsweg.

**Beispiele für die Übertragung von Erregern durch Aerosole****• Tröpfchenkerne**– *Infektion der Atemwege.*

Eine erkrankte Person mit einer Infektion im Bereich der Atemwege (= Erregerreservoir und Ausgangsort der Erreger) setzt (größere und kleinere) erregerhaltige respiratorische Tröpfchen frei. Dabei entstehen aus den sehr kleinen Tröpfchen (<100µm) durch Verdunstung Tröpfchenkerne, die den Erreger enthalten und von exponierten Personen inhaled werden können (z. B. bei offener Tuberkulose der Atemwege oder Varizellen bzw. Masern mit bronchopulmonaler Beteiligung) [126, 589].

– *Nasale Besiedlung.*

Eine Person ist nasopharyngeal mit *S. aureus* besiedelt (= Erregerreservoir und Ausgangsort des Erregers). Dieser Zustand geht ohne klini-

sche Symptomatik einher (= asymptomatische Kolonisierung; siehe Kap. 5). Manche dieser Personen streuen die Bakterien von dort in starkem Maße in die Umgebung (engl. „dispenser“) [122, 379, 685 a].

– *Wasserkontamination.*

Im Leitungswasser (= Erregerreservoir) vorkommende Mikroorganismen werden durch technische Einrichtungen [99] (= Ausgangsort der Erreger, z. B. Rückkühlwerke von Klimaanlage, Whirlpools, Vernebler) in Form von Tröpfchenkernen oder kleinen Tröpfchen in die Luft abgegeben und anschließend entweder in unmittelbarer Nähe (z. B. Vernebler, Whirlpool) oder nach Transport über längere Strecken durch die Luft auch außerhalb von Gebäuden bei weiterer Verdunstung (z. B. Rückkühlwerke von Klimaanlage) von exponierten Personen inhaled (z. B. ein möglicher Übertragungsweg der Legionellose; siehe Kap. 11.4 und 13).

**• Bioaerosol**

In der Natur (= Erregerreservoir) ubiquitär vorhandene Mikroorganismen kommen auch in der Luft vor (= Ausgangsort der Erreger) und zeitweilig besteht Kontakt mit den Atemwegen (z. B. Inhalation von Aspergillussporen oder Nokardien) [126]. Infektionen entstehen aber nur bei erheblicher Beeinträchtigung der körpereigenen Abwehr (siehe Kap. 11.1).

**• Hautschuppen**

Jeder Mensch setzt täglich eine Vielzahl von Hautschuppen frei, von denen ein Teil Bakterien

trägt; die meisten sind so klein und leicht, dass sie nicht sedimentieren, sondern lange Zeit in der Luft schweben [577]. Die Abgabe von bakterientragenden Hautschuppen kann bei Mitgliedern des Operationsteams von Bedeutung sein, wenn eine Person darunter ist, die virulente Erreger streut. Zum Verständnis von Ausbrüchen postoperativer Infektionen im Operationsgebiet (z. B. verursacht durch A-Streptokokken) sind Kenntnisse über die mikrobielle Besiedlung der Haut und die Abgabe bakterientragender Hautpartikel erforderlich (siehe Kap. 5, 10.4, 12.11 und 14). Die normale anatomische Lokalisation der Hautflora und Hinweise für die Haut als potenzielles Erregerreservoir zeigt die Tabelle 4.5 [122, 342, 540, 577, 810]. Die Abgabe von bakterientragenden Hautschuppen durch medizinisches Personal ist mit großer Wahrscheinlichkeit nur unter den Bedingungen einer Operation von Bedeutung, weil dabei längere Zeit eine große Wundfläche freiliegt, in die schwebende Partikel sedimentieren können.

#### • Staub

Die Übertragung von Erregern durch kontaminierten Staub (z. B. Sedimentation auf Wunden oder Inhalation mit nachfolgender Besiedlung der vorderen Nasenhöhle) wird zwar häufig genannt, ist aber nicht belegt [126, 525, 587]. Im Rahmen der üblichen Sauberkeit im Krankenhaus spielt dieser Übertragungsweg bei der Patientenversorgung mit großer Sicherheit keine Rolle.

– *Virulenzverlust in trockenem Milieu.*

Was die Übertragbarkeit von A-Streptokokken durch Staub angeht, konnte sogar gezeigt werden, dass die Exposition von Versuchspersonen in einer mit A-Streptokokken stark kontaminierten staubreichen Umgebung und auch die direkte Inokulation von A-Streptokokken-haltigem Staub in den Nasen-Rachenraum weder Racheninfektionen noch eine Besiedlung der oberen Atemwege hervorriefen [685a]. Die A-Streptokokken waren zwar aus dem trockenen Zustand heraus anzüchtbar, hatten aber ihre Virulenz verloren, erkennbar daran, dass die Adhäsion an Wirtszellen und ihre Resistenz gegen Granulozyten vermindert waren; in feuchtem Milieu waren diese Virulenzfaktoren wieder aktiv. Ähnliche Ergebnisse wurden für *S. aureus* im Tierversuch ermittelt (siehe Kap. 16.3) [525, 685a].

– *Keine nennenswerte Aufwirbelung.*

Bereits in den 1960er-Jahren wurde experimentell nachgewiesen, dass eine Aufwirbelung von Bakterien vom Fußboden auch bei heftigen Aktivitäten (z. B. Blasen mit Föhn) nicht stattfindet, dass also ein kontaminierter Fußboden als Erregerreservoir für Krankenhausinfektionen nicht infrage kommt [313]. Dennoch wird in Deutschland seit Jahrzehnten vielerorts eine routinemäßige Fußbodendesinfektion, z. B. auf Intensivstationen, für erforderlich gehalten. Wichtig ist fraglos die Sauberkeit auch der Fußböden. Ob darüber hinaus aber die in der Regel einmal täglich durchgeführte Fußbodendesinfektion einen Einfluss auf den Schutz des Patienten vor Infektionen hat, ist weder belegt noch bei rationaler Betrachtung anzunehmen. Dies gilt im Übrigen auch für die patientennahen Oberflächen (siehe Kap. 13).

#### • DNA

Über den Nachweis erregerspezifischer DNA aus der Luft in der Umgebung infizierter Personen (z. B. Varizella-Zoster-Virus-DNA in der Raumluft bei Zoster-Patienten oder Humanes-Papillomavirus-DNA im Rauch bei der Laserbehandlung von genitalen Warzen) ist berichtet worden [689, 729]. Nicht belegt ist jedoch, ob diese Befunde tatsächlich ein Indiz für eine aerogene Übertragung dieser Erreger sind.

### Merke

#### Ursachen aerogener Erregerübertragungen

- Tröpfchenkerne von Mensch zu Mensch: z. B. offene Tuberkulose der Atemwege, Varizellen bzw. Masern mit bronchopulmonaler Beteiligung oder Freisetzung von *S. aureus* oder A-Streptokokken bei nasopharyngealer Besiedlung
- Tröpfchenkerne aus einem Wasserreservoir: z. B. Legionellose ausgehend von Whirlpools, Verneblern oder Kühltürmen
- Bio-Aerosol: z. B. Aspergillose, Nokardiose
- Hautschuppen: z. B. postoperative Infektionen im Operationsgebiet mit *S. aureus* oder A-Streptokokken ausgehend von einem asymptomatisch besiedelten Träger im Operationsteam
- Staub: unbewiesen und bei üblicher Sauberkeit unwahrscheinlich

Tabelle 4.5 Hautflora: Anatomische Lokalisation und potenzielles Erregerreservoir.

<b>Anatomische Lokalisation</b>	<p><b>Hautoberfläche und Stratum corneum</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelne Bakterienzellen</li> <li>• Mikrokolonien (bis zu 10 Bakterienzellen)</li> </ul> <p><b>Haarfollikel</b> Zahlreiche Bakterienzellen in den Öffnungen zwischen Haarschaft und oberflächlicher Hornschicht der Follikelwand</p> <p><b>Komedonen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Viele Bakterien, eingebettet in Talg und Keratin</li> <li>• Keimzahlen am höchsten</li> </ul> <p><b>Ausführungsgänge exokriner Schweißdrüsen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Bakterien in den intradermalen Abschnitten</li> <li>• Nur an den Öffnungen Bakterien nachweisbar, aber in geringer Keimzahl (wie an der Hautoberfläche)</li> </ul> <p><b>Haut nach Okklusion mit Polyäthylen (PE)-Folie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zunahme der Keimzahl zwischen Haarschaft und Follikelwand</li> <li>• Mehr Sprossspitze als auf normaler Haut, besonders an den Follikelöffnungen</li> </ul> <p><b>Intertriginöse Hautareale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zahlreiche Bakterienzellen</li> <li>• Keimzahl ähnlich wie nach Okklusion mit PE-Folie</li> </ul>
<b>Potenzielles Erregerreservoir</b>	<p><b>Hautoberfläche des Menschen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ca. 1,75 m<sup>2</sup></li> <li>• Beine: 36%</li> <li>• Rumpf: 37%</li> <li>• Arme: 18%</li> <li>• Kopf: 9%</li> <li>• Axillen und Perineum: &lt;2%</li> </ul> <p><b>Abgeschilferte Hautschuppen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10<sup>8</sup> am gesamten Körper</li> <li>• Größe: 30 × 30 × 3–5 µm</li> <li>• Durchmesser: ca. 14 µm</li> <li>• Mikrobielle Besiedlung: nur ca. 10% der Hautschuppen</li> </ul> <p><b>Abgabe von Hautpartikeln</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Austausch ca. alle 4 d</li> <li>• Pro Tag: &gt; 10<sup>7</sup> Hautschuppen</li> </ul> <p><b>Baden und Duschen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Vorübergehend erhöhte Abgabe durch Austrocknung der Haut</li> <li>– Erst ca. 2 h später wieder normale Haut nach natürlicher Rückfettung</li> <li>– Kein präoperatives Duschen des Operationsteams als „Hygienemaßnahme“ (siehe Kap.10.4)</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Normales Gehen: ca. 10<sup>4</sup> Hautschuppen pro Minute</li> <li>• Stehen: wenn unbekleidet, Abgabe durch den Luftstrom</li> <li>• Ablagerung in der Kleidung: ca. 10 mg Haut alle 2 h, gefördert durch Reibung der Kleidung an der Haut</li> <li>• Art der OP-Kleidung ohne Einfluss auf die Freisetzung von Hautpartikeln in die Luft: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bei Baumwolle (regelmäßige 2-dimensionale Webstruktur) „Poren“ normalerweise &gt;80 µm, dadurch ungehinderte Passage der Hautschuppen (ca. 14 µm) möglich</li> <li>– Bei Kunstfaser (unregelmäßiger 3-dimensionaler Faserverlauf) zwar Behinderung der Passage durch „kreuz und quer“ liegende Fasern, aber Druckerhöhung unter der Kleidung wegen eingeschränkten Luftaustauschs und dadurch Austritt an den Kittelöffnungen (v. a. am Saum)</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Geschlechtsunterschiede</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Männer: 1,45-fach mehr Hautschuppen als Frauen (Männer durchschnittlich größer, also mehr Hautschuppen vorhanden, die zudem kleiner sind als die von Frauen)</li> <li>• Männer vs. Frauen: Männer stärker mikrobiell kolonisiert, Abgabe von insgesamt 3,5-fach mehr Bakterien als Frauen (von 389 Männern in 11,6% Abgabe von <i>S. aureus</i>, aber von 613 Frauen nur in 1,3%)</li> </ul>

Tabelle 4.5 (Fortsetzung)

**Streuer** (engl. „dispenser“)

- Stärkere Abgabe von Hautschuppen als normalerweise
- Nicht notwendigerweise mit Hautkrankheit (z. B. Ekzern, Psoriasis) verbunden
- Häufig keine Hautveränderungen bei im Rahmen von Ausbrüchen identifizierten Dispersern gefunden
- Ausmaß der Streuung variiert, d. h. nicht gleichmäßig vorhanden
- Männliche Disperser: Abgabe von *S. aureus* unbedeckt geringer als mit Kleidern
- Kein Unterschied bei Tragen von persönlicher Kleidung und OP-Kitteln
- Bei perinealer Besiedlung Abgabe durch undurchlässige Kunststoffunterwäsche reduziert

## 4.2 Kontaktübertragung vs. aerogene Übertragung

### „Kinderkrankheiten“

„**Fliegende**“ Infektionen. Der aerogene Übertragungsweg wird in der Kinderheilkunde gern als „fliegende“ Infektion bezeichnet. Unklarheit herrscht allerdings (nicht nur in der Pädiatrie) darüber, welche Infektionen aerogen übertragbar sind bzw. ob solche Infektionen tatsächlich nur aerogen bzw. (neben der Kontaktübertragung) *auch* aerogen übertragen werden können.

**Vorwiegend Kontaktübertragungen.** Bei Kinderkrankheiten handelt es sich vorwiegend um Virusinfektionen, wie z. B. Masern und Varizellen, die wegen hoher Kontagiosität in den meisten Fällen beim ersten Erregerkontakt, also in der Regel bereits im Kindesalter (daher die Bezeichnung „Kinderkrankheiten“), erworben werden. Die Übertragung findet überwiegend via Kontakt statt:

- Hohe Viruskonzentrationen im Nasopharyngealsekret gegen Ende der Inkubationszeit, Übertragung durch große Tröpfchen bei engem Kontakt (siehe Kap. 4.1) oder durch Kontakt über die Hände mit Selbstinokulation durch eigene Hand-Gesichts-Kontakte (bei Varizellen auch durch Kontakt mit Bläschensekret) [303, 311]. Um ihre Übertragung zu verhüten, ist die Vermeidung von Kontaktübertragungen, also in erster Linie die Beachtung der Händehygiene, von entscheidender Bedeutung [100].

**Aerogene Übertragung bei Masern und Varizellen?** Ausschließlich im Zusammenhang mit falscher Luftströmungsrichtung bei raumlufttechnischen Anlagen (RLT) sind aerogene Übertragungen

von Masern und Varizellen beschrieben, die zu Infektionen bei mehreren Personen ohne direkten oder indirekten Kontakt zu den primär Erkrankten geführt haben [233, 302, 460]. Hinzu kamen bei den beiden nosokomialen Varizellenausbrüchen vermutlich hohe Viruskonzentrationen in der Luft der Patientenzimmer: Im einen Fall handelte es sich um ein schwer krankes Kind mit Varizellen-Pneumonie, und im anderen Fall kam ein normaler Staubsauger ohne Luftfilter zum Einsatz, um die am Boden liegenden Reste abgestoßenen trockenen Bläschensekrets bei einem Kind mit großflächiger Hautmanifestation ohne Lungenbeteiligung zu entfernen [302, 460]. Ob eine Übertragung auch unter natürlichen Bedingungen, d. h. ohne die Förderung der Erregerausbreitung durch eine inadäquat arbeitende RLT-Anlage, durch die Luft zustande gekommen wäre, weiß man nicht (siehe Kap. 13).

„**Auslüften**“. Früher wurden Kinderkliniken häufig so gebaut, dass die Isolierzimmer für infektiöse Patienten einen Balkon hatten, über den das Personal bei Kindern mit z. B. Windpocken das Zimmer verlassen sollte: Alle Personen sollten nämlich ca. 10 min an der Außenluft „auslüften“. Dahinter stand die Vorstellung, dass die Erreger in der Luft des Patientenzimmers vorhanden sind und von den Personen, die das Zimmer betreten, am Körper bzw. an der Kleidung nach draußen getragen werden könnten. Auf derselben Grundlage wurden mancherorts die Zimmertüren inkl. der Schlüssellöcher abgeklebt, damit die Erreger nicht durch den Türspalt nach draußen auf die Station dringen („fliegen“) können. Diesen archaischen Vorstellungen von einer Erregerübertragung bei Infektionen, wie Windpocken und Masern, begegnet man heute glücklicherweise seltener, jedoch sind diese und ähnliche Überreste der alten Miasmentheorie immer noch präsent.



„Erkältungen“

„Anhusten“. Weit verbreitet ist die Auffassung, dass die typischen sog. Erkältungskrankheiten des oberen Respirationstraktes durch „Anhusten“ übertragen werden. Deshalb lernt man schon als Kind, sich beim Husten die Hand vor den Mund zu halten. Aus experimentellen Untersuchungen geht jedoch hervor, dass diese Infektionen meist nicht durch Tröpfchen, sondern durch Kontakt der (eigenen) Hände mit kontaminierten Oberflächen oder mit den kontaminierten Händen eines Erkrankten, z. B. beim Händeschütteln, übertragen werden; anschließend kommt es durch Kontakt der eigenen kontaminierten Hände mit der Nase oder den Augen zur Selbstinokulation der Erreger [100, 303, 311].

**Virusaktivität außerhalb des Organismus.** Aus experimentellen Untersuchungen ist ferner bekannt, dass respiratorische Viren (z. B. Respiratory-Syncytial-Virus, Rhinoviren) auch außerhalb des Organismus für einige Zeit infektionstüchtig bleiben (siehe Tab. 4.6) [311].

**Hand-Gesichtskontakte.** Eintrittspforten der viralen Erreger typischer „Erkältungen“ sind die Schleimhäute des oberen Respirationstraktes, insbesondere die Nasenschleimhaut, und die Bindehaut der Augen [303, 311]. Da häufige Hand-Gesichtskontakte für den Menschen typisch sind und Personen mit florider „Erkältung“ ihr Umfeld zwangsläufig durch Kontakt ihrer Hände mit dem infektiösen Sekret beim Husten und Naseputzen kontaminieren, ist die Selbstinokulation an sich nicht zu verhindern, sondern kann höchstens für die Dauer des Patientenkontaktes durch Selbstdisziplin reduziert werden.

Tabelle 4.6 Aktivität von RS-Viren außerhalb des Organismus.

Material	Dauer der Aktivität
Arbeitsflächen	≤6h
Latex-Handschuhe	≤1,5h
Baumwollkittel	≤45 min
Papiertaschentücher	≤45 min
Hände	≤20 min

**Schutz vor Erregerkontakt unmöglich.** Aufgrund dessen ist es nahezu unmöglich, sich vollständig vor dem Kontakt mit respiratorischen Viren zu schützen. Neben der Vielzahl von Viren, die derartige Infektionen verursachen können, ist eben diese praktische Unmöglichkeit, einen Erregerkontakt zu vermeiden, der Hauptgrund für die häufigen „Erkältungen“ im Laufe des Lebens.

S. aureus-Infektionen

Einer der häufigsten Erreger im Krankenhaus erworbener Infektionen ist S. aureus. Wie bei den anderen nosokomialen Infektionserregern findet die Übertragung meist durch Kontakt statt. Für eine aerogene Übertragung gibt es, abgesehen von der speziellen und seltenen Situation bei Kontamination von Operationswunden durch bakterienträgende Hautschuppen (siehe Tab. 4.5), keine überzeugenden Hinweise (siehe Kap. 16.3) [126, 379, 525, 587, 685 a].

„Cloud babies“

Bei Neugeborenen/Säuglingen wurde eine Interaktion zwischen nasaler Besiedlung mit S. aureus und Virusinfektion der oberen Luftwege beschrieben, die dazu führte, dass die Babys quasi von einer Wolke aus S. aureus umgeben waren (siehe Kap. 16.3) [232]. Die Hypothese der Autoren war, dass durch das Anschwellen der Nasenschleimhaut und durch die damit veränderten Strömungsverhältnisse vermehrt feinste respiratorische Tröpfchen, also nahezu Tröpfchenkerne, freigesetzt werden, von denen diese Kinder wie von einer Wolke umgeben sind und die sich als schwebende Partikel in der Raumluft verteilen können. Andere Babys in der Nähe wurden dieser Theorie zufolge mit S. aureus besiedelt, weil ihre Atemwege umgekehrt wie ein Luftkeimsammler wirkten und S. aureus aus der Luft aufsaugten.

„Cloud adult“

Bei Erwachsenen ist das Phänomen der Interaktion zwischen S. aureus-Besiedlung und Virus-

Infektion der oberen Luftwege erst 1996 in einem Einzelfall beschrieben worden, obwohl bereits in der Cloud-baby-Publikation von 1960 die Frage aufgeworfen wurde, ob dieses Phänomen auch bei Erwachsenen zu beobachten sei [232, 717]. Es handelte sich um einen auf einer Intensivstation tätigen Anästhesisten, der epidemiologisch mit einer Häufung postoperativer MRSA-Pneumonien in Zusammenhang stand. Ob diese Interaktion zwischen der nasalen Besiedlung mit *S. aureus* und Erkältungskrankheiten generell eine Rolle spielt, ist nicht bekannt. Entsprechende Ergebnisse epidemiologischer Untersuchungen fehlen.

## Präventionsmaßnahmen

Bei der Patientenversorgung spielt die Erregerübertragung vorwiegend durch indirekten Kontakt ohne Zweifel die größte Rolle. Die entscheidenden Maßnahmen zur Prävention von Übertragungen durch Kontakt und von aerogenen Erregerübertragungen sind in der Tabelle 4.7 zusammengefasst (siehe Kap. 11.1 und 11.5 für Maßnahmen zur Prävention aerogener Infektionen).

Tabelle 4.7 Wichtigste Präventionsmaßnahmen bei Übertragung durch Kontakt bzw. Luft

Kontaktübertragungen	
<b>Händehygiene</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Händedesinfektion nach Kontakt mit potenziell infektiösem Material oder nach Kontakt mit einer infizierten/kolonisierten Person</li> <li>• Nach Schnäuzen und Husten (mit Hand vor dem Mund) möglichst sofort Hände waschen oder desinfizieren, um Gegenstände in der Umgebung nicht zu kontaminieren, mit denen später auch andere Personen Kontakt haben (z. B. Telefon, Arbeitsflächen)</li> </ul>
<b>Einmalhandschuhe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nach Beendigung der Tätigkeit, für die man sie angezogen hat, umgehend ausziehen</li> <li>• Nicht andere Tätigkeiten, wie z. B. Eintragungen in die Kurve, mit den Handschuhen durchführen</li> </ul>
<b>Hand-Gesichtskontakte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermeidung eigener Hand-Gesichtskontakte (normalerweise häufig und meist nicht bewusst)</li> <li>• Notwendige Selbstdisziplinierung bei der Patientenversorgung</li> <li>• Wahrscheinlichkeit der Selbstinokulation reduziert, z. B. respiratorischer Infektionserreger oder <i>S. aureus</i>/MRSA</li> <li>• Nach Händedesinfektion bzw. nach Ausziehen von Schutzhandschuhen normales Verhalten wieder möglich</li> </ul>
<b>Abstand</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenn möglich, Abstand von &gt; 1 m (von Angesicht zu Angesicht) zu Personen mit Infektionen der oberen Atemwege halten; dadurch Vermeidung des Kontakts mit „großen“ Tröpfchen an den Schleimhäuten der eigenen Atemwege</li> </ul>
<b>Maske</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chirurgische Maske, wenn naher Kontakt bei der Versorgung erkrankter Patienten (bzw. wenn das medizinische Personal selbst erkältet ist) nicht vermeidbar</li> </ul>
<b>Reinigung und Desinfektion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sämtliche Gegenstände für die Patientenversorgung nach dem Gebrauch und vor dem Einsatz bei anderen Patienten mit effektiven Methoden dekontaminieren</li> <li>• Je nach Verwendungszweck bzw. Risikokategorie entweder nur reinigen und trocknen oder reinigen, desinfizieren und trocknen oder reinigen, trocknen und sterilisieren (siehe Kap. 8)</li> </ul>
Aerogene Übertragung	
<b>Maske für das Personal</b>	<p><b>Atemschutzmaske (z. B. FFP2):</b> Filteraktivität für Aerosole, deshalb Schutz vor Inhalation infektiöser Aerosole</p> <p><b>Bronchoskopie bei Verdacht auf Tuberkulose:</b> Freisetzung größerer Mengen infektiöser Aerosole möglich, deshalb FFP-Masken wichtiger als bei der normalen Versorgung im Patientenzimmer (siehe Kap. 11.5)</p>
<b>Maske für den Patienten</b>	<p><b>Tuberkulose:</b> chirurgische Maske, um respiratorisches Sekret zurückzuhalten, dadurch keine Bildung von Tröpfchenkernen möglich</p> <p><b>Aspergillose:</b> Atemschutzmaske (FFP2), um Inhalation von Aspergillussporen (= Bio-Aerosol) zu verhindern</p>