



Prävention von Tröpfchen- und aerogenen Infektionen



6. Kölner Hygienetag

Was fliegt durch die Luft?

28.10.2015

Prof. Dr. Frauke Mattner



Husten, Niesen, Rufen, Singen





Freisetzung von Mikroorganismen von Menschen

TABLE 1: Droplet or airborne microorganisms released from various activities.

Activity	Approximate particle count	Units
Sneezing [36]	40,000	Per sneeze
Bowel evacuation [37]	20,000	Per event
Vomiting [38]	1,000	Per event
Coughing [36]	710	Per cough
Talking [36]	36	Per 100 words

Fernstrom A et al. *J Pathogens* 2013; 493960



Abgabe von infektiösen Partikeln direkt in die Luft Schimmelpilzsporen (hier *Aspergillus fumigatus*)



Bundesgesundheitsbl 2015 · 58:1151–1170
DOI 10.1007/s00103-015-2234-2
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015



Infektionsprävention im Rahmen der Pflege und Behandlung von Patienten mit übertragbaren Krankheiten

Empfehlung der Kommission für
Krankenhaushygiene und Infektionsprä-
vention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut

2007 Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings

Jane D. Siegel, MD; Emily Rhinehart, RN MPH CIC; Marguerite Jackson, PhD;
Linda Chiarello, RN MS; the Healthcare Infection Control Practices Advisory
Committee

Acknowledgement: The authors and HICPAC gratefully acknowledge Dr. Larry Strausbaugh
for his many contributions and valued guidance in the preparation of this guideline.

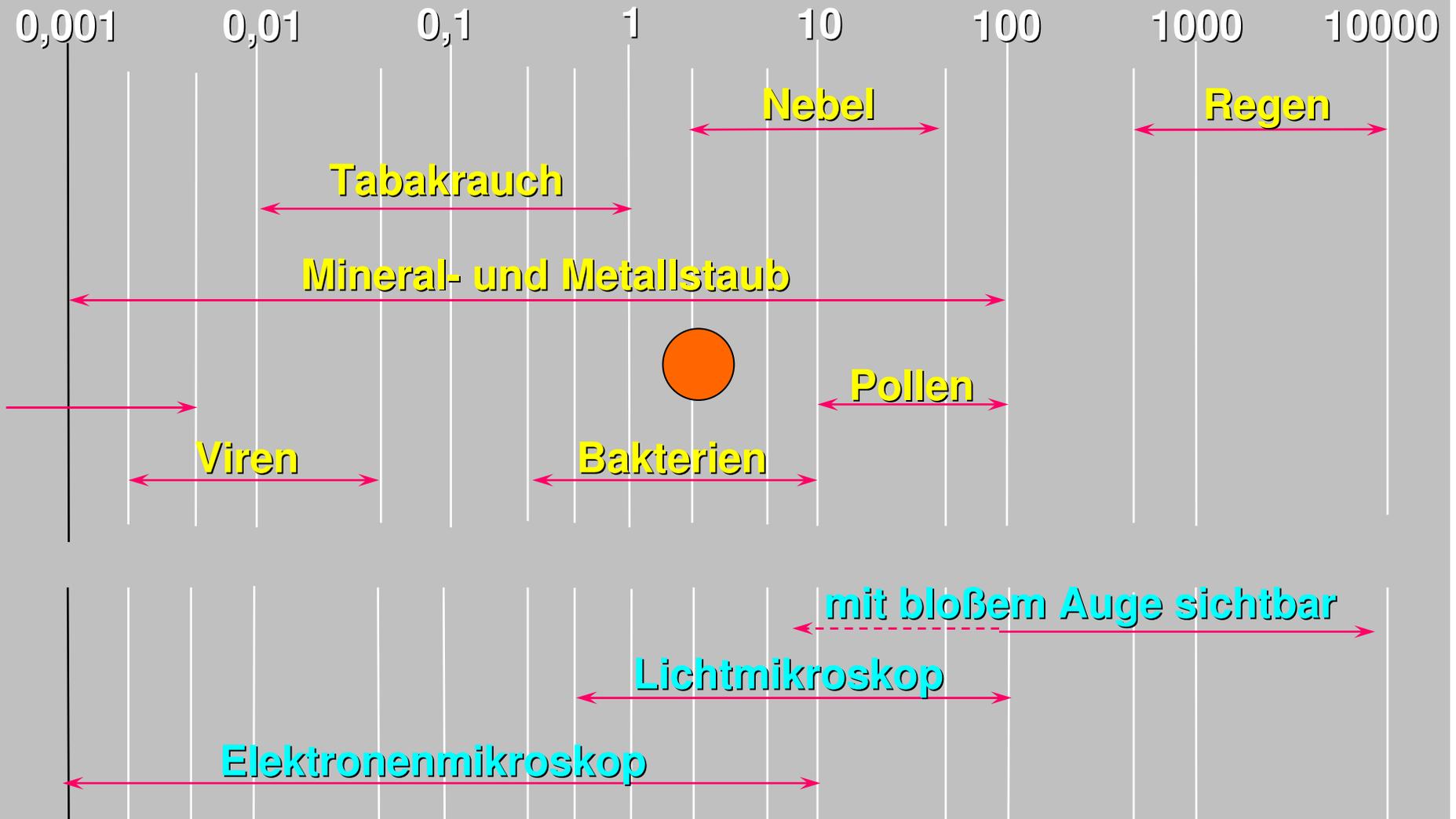


Was ist eine Tröpfchen (=droplet) – Was ist eine aerogene Übertragung

- Tröpfchen $> 5 \mu\text{m}$ Durchmesser
- Tröpfchenkerne $\leq 5 \mu\text{m}$ Durchmesser



Größe von Partikeln





Sedimentationsgeschwindigkeit erhöht sich um das Hundertfache, wenn sich der Durchmesser verzehnfacht

Tab.2.10: Sedimentationsgeschwindigkeit von kugelförmigen Partikeln in der Luft*

Dichte g/ml	Durchmesser μm	Sinkgeschwindigkeit cm/sec	Sinkzeit sec/cm
1	1	0,003	333,333
1	10	0,3	3,333
1	100	30	0,033
2	1	0,006	166,667
2	10	0,55	1,818
2	100	50	0,020

* modifiziert nach Strauss (1977)



Die Mikroorganismen können in die Luft gelangen

- als *isolierte Partikeln* ohne wesentlichen Anteil von Begleitsubstanzen
- an *festen Teilchen haftend*, z. B. Hautschuppen, Pflanzenteilen, Bodenpartikeln
- in *Tröpfchen*.



Verdunstungszeit von Wassertröpfchen

Tab.2.11: Verdunstungszeiten von Wassertröpfchen*

Tröpfchendurchmesser μm	Verdunstungszeit sec
2000	515,0
1000	129,0
500	32,0
200	5,2
100	1,3
50	0,31
15	0,08
12	0,02

* nach Wells 1934



- Als freie einzelne Keime werden vor allem Pilzsporen freigesetzt.
- Bakterien und Hefen werden eher auf Partikeln freigesetzt (Hautschuppen, Staub, Pflanzenteile, Haare, Federn, Fasern von Bekleidung usw.) (Partikelgröße 4-10 µm)
- Tröpfchen sind für Bakterien zum Überleben wichtig
- im Speichel sind 10^7 Mikroorganismen pro ml nachweisbar
- Wegen der Erdanziehungskraft und der Verdunstung sind Tröpfchen nach 3-5 m nicht mehr präsent
- es können Tröpfchenkerne in der Luft verbleiben.



Die Absterbgeschwindigkeit von Bakterien in der Luft ist spezies- und Luftfeuchtigkeits-abhängig

Tab.2.12: Absterbegeschwindigkeit von Mikroorganismen im luftgetragenen Zustand*

Keimart	Luftzustand		Absterbekonstante sec ⁻¹	Halbwertszeit min
	°C	% r.F.		
Escherichia coli	22	10	$2,3 \times 10^{-4}$	55,10
"	22	30	$9,4 \times 10^{-4}$	12,46
"	22	50	$2,4 \times 10^{-4}$	50,41
"	22	75	$7,3 \times 10^{-5}$	180,22
"	22	85	$3,2 \times 10^{-5}$	390,79
Salmonella senftenberg	22	55	$2,4 \times 10^{-4}$	68,76
Micrococcus luteus	22	55	$1,3 \times 10^{-5}$	888,46
Staphylococcus epidermidis	22	55	$1,4 \times 10^{-5}$	825,00
Staphylococcus aureus	22	55	$3,9 \times 10^{-5}$	296,00

* modifiziert nach Müller et al. 1981, 1986

Luftkeimkonzentrationen über den Tag in der Aussenluft, 0,5m und 20m über dem Grund

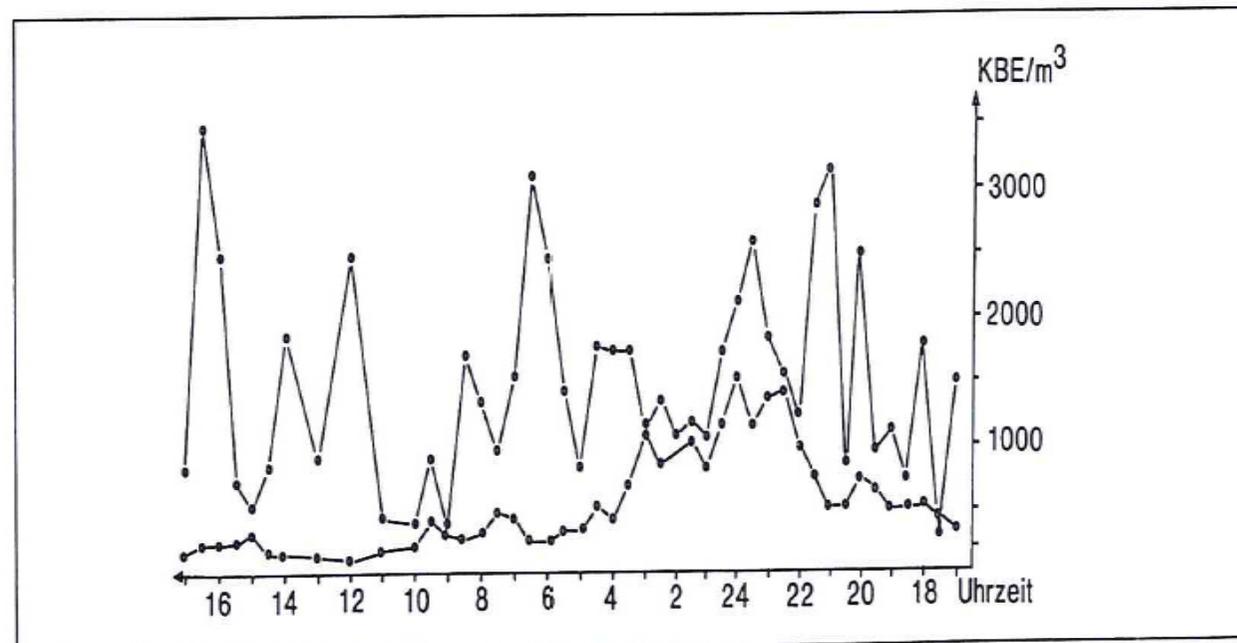


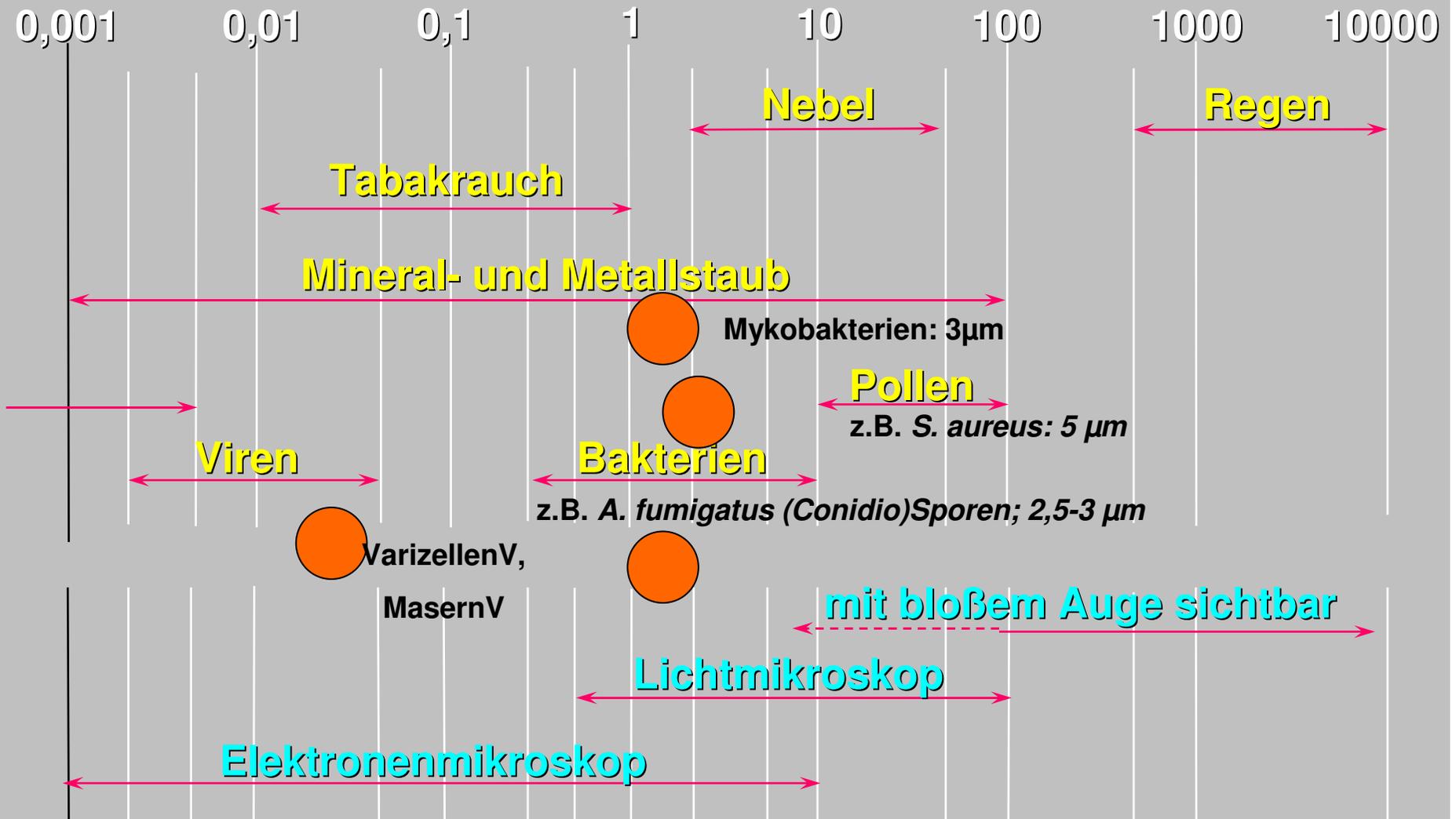
Abb. 2.9: Verlauf der Konzentration luftgetragener Mikroorganismen über 24 Stunden in der Außenluft (9./10. August), abgeändert nach Rüden et al. – KBE: koloniebildende Einheiten – untere Kurve: Entnahme 20 m über Grund – obere Kurve: Entnahme 0,5 m über Grund.



- Von Menschen werden 1000 Mikroorganismen / min (überwiegend *S. epidermidis* und coryneforme) abgegeben. Bei Aktivität mehr.



Ab ca. 5 μm und kleiner beginnen Partikel „zu schweben“





Festlegung von Transmissionswegen

- Tröpfchen versus aerogen
 - Transmissibilität ist abhängig von
 - Der Tröpfchen/Partikelgröße
 - Der Tröpfchen/Partikelabsinkgeschwindigkeit
 - Der Überlebensfähigkeit des jeweiligen Erregers im Tröpfchen
 - Der Fähigkeit des Erregers, eine Infektion auf einer Schleimhaut hervorzurufen
 - Der klinisch bedeutende **Transmissionsweg** ist letztendlich durch **Ausbruchsuntersuchungen** entdeckt worden. Ebenso ließen sich Hygienemaßnahmen wie z.B. Tragen eines Mundschutzes im ein-Meter Abstand zu einem infizierten Patienten während der Versorgung als schützende Maßnahme nur mit Hilfe **epidemiologischer Methoden** nachweisen.



Aerogen übertragbare Erreger

- Mycobacterium tuberculosis
- A. fumigatus
- Varizellen
- Masern
- (B. anthracis)



Aerogene Transmission Ausbruchsbeschreibung Masern

- 12 jähriger Index-Fall in einer Kinderarztpraxis untersucht am 2. Tag des Exanthems, heftiges Husten während der Untersuchung
- Der Patient war nur in einem Untersuchungsraum (nicht in Wartebereichen)
- 7 weitere Fälle traten auf
 - 4 Patienten hatten Kontakt in der Warteregion, als der Indexfall hindurch zum Untersuchungsraum ging bzw. daraus wieder zurückkehrte
 - Nur ein Fall hatte face-to-face Kontakt im Abstand von 1m
 - Die 3 übrigen Fälle waren niemals im selben Raum wie der Index-Fall, ein Patient kam erst eine Stunde nachdem der Index-Fall die Praxis bereits verlassen hatte
- Luftführungsuntersuchungen bestätigten, dass sich die Luft aus dem Untersuchungsraum in der gesamten Praxis verteilte.



Übertragung von MDR-Tuberkulose in Portugal bei HIV Patienten

- 1990 to 1991, 16 Patienten mit multiresistenter Tuberkulose (MDR-TB)
- HIV-Patienten stationär >10 Tage in 3 Räumen mit einem MDR-TB hatten ein höheres Risiko MDR-TB zu erwerben als HIV Patienten mit kürzerem Aufenthalt oder Unterbringung in einem anderen Zimmer (6/28 vs. 2/90, $P < .001$).
- Die freie Bewegung auf der Station und die nicht vorhandene Unterdruckbelüftung ermöglichten die Übertragungen
- Nach Schließen der Türen und Tragen von dichten Masken traten keine neuen Fälle mehr auf.



Erreger, die „nur“ durch Tröpfchen übertragen wurden

- Examples of infectious agents that are transmitted via the droplet route include
 - *Bordetella pertussis*
 - influenza virus
 - adenovirus
 - rhinovirus
 - *Mycoplasma pneumoniae*,
 - SARS-associated coronavirus (SARS-CoV)
 - group A streptococcus
 - *Neisseria meningitidis*

CDC-HICPAC Guideline isolation precautions, 2007



Vergleich RKI Empfehlung 2015 versus CDC Empfehlung 2007

	RKI, 2015	CDC, 2007
Anzahl Seiten	19	136
Literaturzitate	110	1102
Glossar	nein	Ja, 5 Seiten
Piktogramme PPE	nein	ja

RKI Präventionsmaßnahmen nach Erregern, Oktober 2015

Tab. 1 Übersicht der Infektionserkrankungen und erforderliche Maßnahmen als Grundlage für Festlegungen im Hygieneplan (Fortsetzung)

Erreger	Krankheit	Transmission				Besondere Disposition / Impfung ¹	Räumliche Unterbringung			Persönliche Schutzausrüstung					Dauer der Maßnahme	Bemerkung
		Kontakt	Tröpfchen	Aerosol	Parenteral		Standard	Isolierzimmer	Isolierzimmer mit Vorraum	Basishygiene	Einmalhandschuhe	Schutzkleid	Atemschutz (FFP2 wenn nicht anders vermerkt)	Schutzbrille		
Molluscum contagiosum Virus	Dellwarzen	X				IS	X					X				
Mumpsvirus	Mumps		X			IP		X				X	X	MNS ²	9 Tage nach Beginn der Symptomatik	
Mycobacterium leprae	Lepra	X					X					X				Infektiöser Abfall: Nasensekret/Wundsekret
Mycobacterium tuberculosis complex	Offene Tuberkulose			X		(IP)		X				X	X	X	21 Tage nach Beginn einer effektiven Therapie und klinischer und radiologischer Besserung	Schlussdesinfektion mit tuberkuloziden Mitteln Siehe DKZ [102] Infektiöser Abfall: Sputum, Urin, Stuhl
	MDR-/XDR-Tbc			X					X			X	X	FFP3	Kulturelle Konversion	
	Geschlossene Tuberkulose			X			X					X				



CDC, Isolation precautions, 2007

Infection/Condition	Precautions		
	Type *	Duration †	Comments
Toxoplasmosis	S		Transmission from person to person is rare; vertical transmission from mother to child, transmission through organs and blood transfusion rare
Toxic shock syndrome (staphylococcal disease, streptococcal disease)	S		Droplet Precautions for the first 24 hours after implementation of antibiotic therapy if Group A streptococcus is a likely etiology
Trachoma, acute	S		
Transmissible spongiform encephalopathy (see Creutzfeld-Jacob disease, CJD, vCJD)			
Trench mouth (Vincent's angina)	S		
Trichinosis	S		
Trichomoniasis	S		
Trichuriasis (whipworm disease)	S		
Tuberculosis (<i>M. tuberculosis</i>)			
Extrapulmonary, draining lesion)	A,C		Discontinue precautions only when patient is improving clinically, and drainage has ceased or there are three consecutive negative cultures of continued drainage ^{1025, 1026} . Examine for evidence of active pulmonary tuberculosis.
Extrapulmonary, no draining lesion, meningitis	S		Examine for evidence of pulmonary tuberculosis. For infants and children, use Airborne Precautions until active pulmonary tuberculosis in visiting family members ruled out ⁴²
Pulmonary or laryngeal disease, confirmed	A		Discontinue precautions only when patient on effective therapy is improving clinically and has three consecutive sputum smears negative for acid-fast bacilli collected on separate days(MMWR 2005; 54: RR-17 http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/rr5417a1.htm?s_cid=rr5417a1_e) ¹² .
Pulmonary or laryngeal disease, suspected	A		Discontinue precautions only when the likelihood of infectious TB



Vergleich RKI Empfehlung 2015 versus CDC Empfehlung 2007

	RKI, 2015	CDC, 2007
Literaturangaben bei den jeweiligen Maßnahmen	nein	ja
Erarbeitung von Evidenzkategorien	nein	ja
Nennung des/r Transmissionsweges pro Erreger	ja	ja
Dauer der Maßnahmen definiert	ja	ja
Räumliche Unterbringung (EZ, Kohorte usw)	ja	teilweise



Vergleich RKI Empfehlung 2015 versus CDC Empfehlung 2007

	RKI, 2015	CDC, 2007
Details zu möglichen Übertragungswegen von Krankenhauskeimen, <i>C. difficile</i> , MDRO, bioterroristisch eingestufte Erreger (<i>B. anthracis</i> , VZV, <i>Y. pestis</i> , <i>F. tularensis</i> , VHF, <i>C. botulinum</i>)	Nein	Ja
Übertragungsrisiken in besonderen Health-care settings (z.B: ITS., Schwerstverbrandte, Kinder, Pflegeheime, usw.)	Nein	Ja
Bedeutung der Surveillance von nosokomialen Infektionen	Nein	Ja



Vergleich RKI Empfehlung 2015 versus CDC Empfehlung 2007

RKI, 2015	CDC, 2007
<p>Basishygiene:</p> <ul style="list-style-type: none">• Händehygiene,• persönliche Schutzausrüstung	<p>Standard precaution:</p> <ul style="list-style-type: none">• Persönliche Schutzausrüstung• „new“ Standard precautions: Ziel Patientenschutz <p>z.B. Hustenetikette, respiratorische Hygiene, Abstandsregel 1 m</p>
<p>Erweiterte Maßnahmen: Tröpfchenübertragung, aerogene Übertragung usw.</p>	<p>Transmission based precautions: Droplet precaution Airborne precaution</p>



Vergleich RKI Empfehlung 2015 versus CDC Empfehlung 2007 Argumentation des Mundschutzes (FFP2 versus MNS z.B. bei Immunität des Mitarbeiters)

	RKI, 2015	CDC, 2007
Argumentation	TRBA 250	Wissen aus Ausbruchsuntersuchungen

TRBA 250:

„Luftgetragene Infektionen“: **CAVE andere Begrifflichkeit!!!**

-Tröpfchen bzw. Tröpfchenkerne **CAVE!!!**

-oder sonstige Aerosole (z.B: Laserchirurgie usw)

Spezifische Informationen zu Erregern ...geben..-das RKI ...und die KRINKO, die sich im wesentlichen auf den Patientenschutz bezieht.



Vergleich RKI Empfehlung 2015 versus CDC Empfehlung 2007 Einzelne Erreger

	RKI, 2015	CDC, 2007
Ascaris	Kontakt Standardunterbringung Basishygiene	Standard precautions, keine Person-to-person transmission
Aspergillus spec.	Aerosol, Standardunterbringung Basishygiene	Standard precautions, Vorsicht bei der offenen Versorgung großer Wundflächen
Babesiose	Parenteral übertragen, Standard, Basishygiene, besonderes Transmissionsrisiko für Immunsupprimierte	Standard precautions, keine person-to-person transmission, selten über Bluttransfusion nachgewiesen



Vergleich RKI Empfehlung 2015 versus CDC Empfehlung 2007 Einzelne Erreger

	RKI, 2015	CDC, 2007
Röteln	Tröpfchen, impfpräventabel, besonderes infektionsrisiko in der Schwangerschaft, Isolierzimmer, Einmalhandschuhe, Schutzkittel, MNS bis 7 Tage nach Ausschlag, PEP möglich	Ungeimpfte Mitarbeiter sollten den Raum nicht betreten, wenn geimpfte verfügbar sind. Bei Geimpften unklar, ob MNS erforderlich, PEP innerhalb von 3 Tagen nach Exposition möglich, Kontaktpersonen unter droplet-precaution versorgen, ungeimpfte Mitarbeiter bei nachgewiesenen Kontakt über 21 Tage vom Dienst ausschließen. Congenitale Röteln: contact precautions bis zur Vollendung des ersten Lebensjahres, Standard precautions sobald 3 Monate nach Geburt sich Nasopharyngeal und im Urin wiederholtermaßen keine Virusanzucht mehr zeigte.



Vergleich RKI Empfehlung 2015 versus CDC Empfehlung 2007 Einzelne Erreger

	RKI, 2015	CDC, 2007
Masern	Aerosol, besonderes Transmissionrisiko für Immunsupprimierte, Isolierzimmer mit Vorzimmer, Handschuhe, Schutzkittel, FFP2 Maske, Schutzbrille bis 4. Tag nach Ausschlag, PEP	Airborne precautions, empfindliche Mitarbeiter sollten den Raum nicht betreten PEP innerhalb 72 h oder Immunglobuline innerhalb 7 Tagen möglich keine Empfehlung für einen MNS wenn Mitarbeiter immun, keine Empfehlung ob Maske oder Respirator, Patient in airborne precautions behandeln.



Vergleich RKI 2015/CDC 2007

- Die Empfehlungen unterscheiden sich
 - in erheblichem Maße im Umfang,
 - in der Ausarbeitung von Evidenzkategorisierungen,
 - in der Differenziertheit bezüglich seltener Ereignisse
 - Im Ziel der Prävention (Schutz von Mitarbeitern, Schutz anderer Patienten, Schutz weiterer Personen)
 - Argumentieren teilweise mit der TRBA und folglich im Zirkelschluss
- Die RKI Empfehlung ersetzt die CDC Empfehlung **NICHT.**



Standard precaution with „new standard precautions“ für JEDEN Patienten in Abhängigkeit der Tätigkeiten und Umstände

RECOMMENDATIONS FOR APPLICATION OF STANDARD PRECAUTIONS FOR THE CARE OF ALL PATIENTS IN ALL HEALTHCARE SETTINGS
(See Sections II.D.-II.J. and III.A.1)

COMPONENT	RECOMMENDATIONS
Hand hygiene	After touching blood, body fluids, secretions, excretions, contaminated items; immediately after removing gloves; between patient contacts.
Personal protective equipment (PPE)	
Gloves	For touching blood, body fluids, secretions, excretions, contaminated items; for touching mucous membranes and nonintact skin
Gown	During procedures and patient-care activities when contact of clothing/exposed skin with blood/body fluids, secretions, and excretions is anticipated..
Mask, eye protection (goggles), face shield*	During procedures and patient-care activities likely to generate splashes or sprays of blood, body fluids, secretions, especially suctioning, endotracheal intubation
Respiratory hygiene/cough etiquette (source containment of infectious respiratory secretions in symptomatic patients, beginning at initial point of encounter e.g., triage and reception areas in emergency departments and physician offices)	Instruct symptomatic persons to cover mouth/nose when sneezing/coughing; use tissues and dispose in no-touch receptacle; observe hand hygiene after soiling of hands with respiratory secretions; wear surgical mask if tolerated or maintain spatial separation, >3 feet if possible.
	required, use a one-handed scoop technique only; use safety features when available; place used sharps in puncture-resistant container
Patient resuscitation	Use mouthpiece, resuscitation bag, other ventilation devices to prevent contact



Droplet precautions

- **Einzelzimmer, Kohortierung bei identischem Erreger möglich**
- **Tragen eines Mundschutzes (Personal und Besucher), Abstand von 1 Meter**
- **Standard precautions**



Airborne precautions

- **Unterbringung in Einzelzimmer mit Vorzimmer (z.B. VZV, Masern, TBC)**
- **Unterbringung in Unterdruckzimmern**
- **Tragen eines chirurgischen Mundschutzes (Patient)**
- **Tragen eines „Respirators“ (Niosh 95, FFP2) Maske für Personal oder Besucher VOR Betreten des Raumes. Ablegen NACH Verlassen des Raumes. (Mitarbeiter mit Expirationsventil)**
- **Standard precautions**





Kliniken der Stadt Köln gGmbH





Schimmelpilzsporenbelastung in der Aussenluft, jahreszeitliche Schwankungen

Vol. 37, 1999

EPIDEMIOLOGY OF ASPERGILLOSIS OUTBREAKS 1753

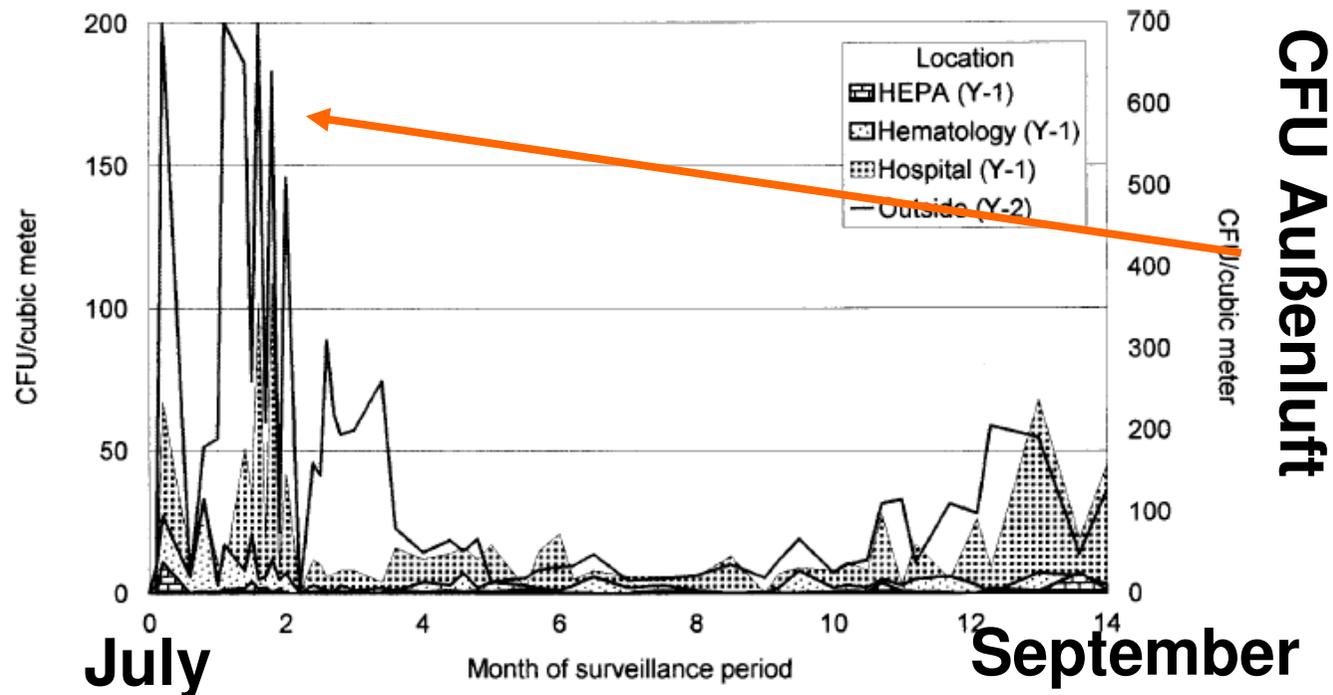


FIG. 1. Results of a 14-month surveillance period of the conidia of nonpathogenic fungi present in air samples from within the hospital outside the department of hematology, air samples within the hematology ward, and air samples in HEPA-filtered rooms. The numbers of conidia outside are depicted in the line (enumeration on the y_2 axis). The surveillance began in July 1994 (0 on the x axis) and ended in September 1995 (14 on the x axis).