

Infektionsprävention & Hygiene bei Tuberkulose – Empfehlungen des DZK

Tuberculosis Infection Control & Hygiene – Recommendations of the DZK

Autorinnen/Autoren

Peter Witte^{1,2*}, Mardjan Arvand³, Stefanie Barth⁴, Roland Diel^{2,5,6}, Inna Friesen⁷, Petra Gastmeier⁸, Brit Häcker², Barbara Hauer³, Martin Kuhns⁷, Albert Nienhaus⁹, Ralf Otto-Knapp², Elvira Richter¹⁰, Nicoletta Wischnewski¹¹, Renate Ziegler¹², Torsten Bauer^{13,2}

Institute

- 1 Institut für Krankenhaushygiene, Universitätsklinikum JWK Minden, Minden
- 2 Deutsches Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose e. V. (DZK), Berlin
- 3 Robert Koch-Institut, Berlin
- 4 Friedrich-Loeffler-Institut – Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit (FLI), Institut für molekulare Pathogenese, Jena
- 5 Institut für Epidemiologie, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
- 6 Deutsches Zentrum für Lungenforschung, Airway Research Center North (ARCN), LungenClinic Großhansdorf, Großhansdorf
- 7 Nationales Referenzzentrum für Mykobakterien, Forschungszentrum Borstel, Leibniz Lungenzentrum, Borstel
- 8 Institut für Hygiene und Umweltmedizin, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Berlin
- 9 Institut für Versorgungsforschung in der Dermatologie und bei Pflegeberufen (IVDP), Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf (UKE), Hamburg
- 10 MVZ Labor Dr. Limbach & Kollegen GbR, Heidelberg
- 11 Bundesverband der Ärztinnen und Ärzte des öffentlichen Gesundheitsdienstes (BVÖGD)
- 12 Institut für Klinikhygiene, Medizinische Mikrobiologie und Klinische Infektiologie, Universitätsinstitut der Paracelsus Medizinischen Privatuniversität, Klinikum Nürnberg, Nürnberg
- 13 Lungenklinik Heckeshorn, Helios Klinikum Emil von Behring, Berlin

online publiziert 13.10.2023

Bibliografie

Pneumologie 2023; 77: 983–1000

DOI 10.1055/a-2172-9575

ISSN 0934-8387

© 2023, Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Dr. med. Peter Witte, Direktor des Instituts für Krankenhaushygiene, Hans-Nolte-Str. 1, 32429 Minden, Deutschland
peter.witte@muehlenkreiskliniken.de

ZUSAMMENFASSUNG

Die Vermeidung der Weiterverbreitung der Erkrankung ist ein wesentliches Ziel in der Betreuung und Behandlung von Tuberkulose. Für die Infektionsprävention von besonderer Bedeutung sind neben der frühzeitigen Diagnose und effektiven Therapien eine Isolierung ansteckungsfähiger Patientinnen und Patienten und adäquate Hygienemaßnahmen. Die vorliegenden Empfehlungen ersetzen die bisherigen Empfehlungen „Infektionsprävention bei Tuberkulose“ aus dem Jahre 2012 und berücksichtigen die aktuellen nationalen und internationalen Empfehlungen und neue wissenschaftlichen Erkenntnisse. Nach einer Beschreibung der Infektion und der Übertragungswege werden die notwendigen Präventions- und Hygienemaßnahmen in Gesundheitseinrichtungen umfangreich dargestellt. Seit der letzten Überarbeitung der Empfehlungen zur Infektionsprävention wurden internationale Empfehlungen und die KRINKO-Empfehlung zur Beendigung der Isolierung geändert. In Übereinstimmung hiermit kann unter bestimmten Voraussetzungen bei sensibler Tuberkulose eine Entisolierung in Gesundheitseinrichtungen nach 14 Tagen ohne Berücksichtigung der Sputumbefunde erfolgen. Im zweiten Teil der Empfehlungen werden ausführlich die Maßnahmen in speziellen Situationen und Bereichen, wie Arztpraxen, Krankentransport und Pflegeeinrichtungen, erläutert. Hier wurden die Empfehlungen zum Atemschutz vereinfacht, für Personal wird eine FFP2-Maske nun generell als ausreichend erachtet.

ABSTRACT

Preventing the spread of the disease is an essential goal in the care and treatment of tuberculosis. In addition to early diagnosis and effective therapies, isolation of infectious patients and adequate hygiene measures are of particular importance for infection prevention. The present recommendations replace the previous recommendations “tuber-

* federführend

culosis infection control” from 2012 and take into account the current national and international recommendations and as well as new scientific findings. After a description of the infection and the transmission pathways, the necessary prevention and hygiene measures in health care facilities are comprehensively presented. Since the last revision of the recommendations on infection prevention, international recommendations and the KRINKO recommendation on ending isolation have been changed. In accordance with

this, under certain conditions in the case of sensitive tuberculosis, de-isolation in health care facilities can take place after 14 days without taking the sputum findings into account. The second part of the recommendations explains in detail the measures to be taken in special situations and areas, such as general practitioners, ambulance services and care facilities. Here, the recommendations on respiratory protection have been simplified; for staff, an FFP2 mask is now generally considered sufficient.

► Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	985
2	Infektion	985
2.1	Epidemiologie	985
2.2	Erregerreservoir	985
2.3	Infektionsweg	985
2.4	Infektionsrisiko/Ansteckungsfähigkeit	986
2.4.1	Berufliches Infektionsrisiko/Berufskrankheit	986
2.4.2	Infektionsrisiko durch Tiere	986
2.5	Progressionsrisiko – von der Infektion zur Erkrankung	987
2.6	Diagnostik	987
2.6.1	Immunologische Diagnostik (IGRAs, Tuberkulin-Hauttest)	987
2.7	Meldepflicht	987
3	Maßnahmen zur Infektionsprävention	988
3.1	Allgemeine Grundsätze der Infektionsprävention	988
3.2	Impfung	988
3.3	Information, Schulung, Verhalten	988
4	Maßnahmen für Gesundheitseinrichtungen	989
4.1	Diagnostische Klärung der Ansteckungsfähigkeit	989
4.2	Isolierungsmaßnahmen	989
4.2.1	Räumliche Isolierung	989
4.2.2	Kohortenisolierung	989
4.2.3	Häusliche Isolierung	989
4.2.4	Besuch während der Isolierung	989
4.2.5	Aufenthalt im Freien	990
4.3	Dauer der Isolierung	990
4.3.1	Verdacht auf TB	990
4.3.2	Pulmonale TB ohne Rifampicin-Resistenz	990
4.3.3	Pulmonale TB mit Rifampicin-Resistenz	990
4.4	Raumlufttechnische Maßnahmen (Lüftung/RTLA/UV)	991

4.4.1	Natürliche Lüftung	991
4.4.2	Raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen)	991
4.4.3	Stellenwert der UV-Lichtbestrahlung	991
4.5	Bauliche Voraussetzungen	991
4.5.1	Räumliche Voraussetzungen im Krankenhaus	991
4.5.2	Baumaßnahmen in Krankenhäusern	992
4.6	Schutzkleidung/Schutzrüstung	992
4.6.1	Mund-Nasen- und Atemschutz	992
4.6.2	Schutzkittel und Schutzhandschuhe	993
4.7	Desinfektionsmaßnahmen	994
4.7.1	Flächendesinfektion	994
4.7.2	Medizinproduktaufbereitung	994
4.8	Entsorgung	994
4.9	Funktionsbereiche	995
4.9.1	Transport	995
4.9.2	Untersuchungsbereiche	995
4.9.3	Tuberkulose im Operationssaal	995
4.9.4	Tuberkulose in der Pathologie	995
5	Maßnahmen in speziellen Situationen und Bereichen	995
5.1	Ambulanter medizinischer Bereich (Praxen)	995
5.2	Häuslicher Bereich	996
5.2.1	Desinfektionsmaßnahmen im häuslichen Bereich	996
5.3	Krankentransportdienst	996
5.4	Pflegeeinrichtungen und teilstationäre Einrichtungen	996
5.5	Gemeinschaftseinrichtungen	997
5.5.1	Bildungs- und Betreuungseinrichtungen	997
5.5.2	Gemeinschaftseinrichtungen nach § 36 Abs. 1	997
5.6	Labor	998

1 Einleitung

Die Verhinderung der Weiterverbreitung von Infektionskrankheiten durch Hygienemaßnahmen stellt eine wesentliche Maßnahme bei Erkrankten und Infizierten dar. Auch bei der Tuberkulose ist die Infektionsprävention neben der raschen Identifikation und adäquaten Behandlung der Erkrankung von entscheidender Bedeutung zur Kontrolle dieser weltumspannenden Erkrankung.

Die vorliegende Empfehlung aktualisiert und ergänzt die Empfehlung des Deutschen Zentralkomitees zur Bekämpfung der Tuberkulose „Infektionsprävention bei Tuberkulose“ aus dem Jahre 2012. Sie wurde von einer Arbeitsgruppe aus Mitgliedern verschiedener Fachgesellschaften erstellt und berücksichtigt die aktuellen nationalen und internationalen Empfehlungen und Studien.

Die Empfehlung stellt den aktuellen Wissensstand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dar, entbindet Nutzerinnen und Nutzer aber nicht davon, die weitere wissenschaftliche Entwicklung und aktuelle Studienlage zu berücksichtigen und individuelle Einschätzungen vorzunehmen.

2 Infektion

2.1 Epidemiologie

Für die Beurteilung des Tuberkulose (TB)-Infektions- bzw. -Erkrankungsrisikos ist die Kenntnis der Epidemiologie wichtig. Aktuelle Daten zur weltweiten epidemiologischen Situation sowie Resistenzraten und -definitionen veröffentlicht die Weltgesundheitsorganisation (WHO) [1], zur Europaregion bzw. zu den EU/EWR-Staaten das European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) [2] und für Deutschland das RKI (www.rki.de/tuberkulose).

Deutschland ist mit etwa 4000 jährlichen Neuerkrankungen ein Niedriginzidenzland für TB [3]. Die Analyse der Meldedaten der letzten Jahre zeigt eine höhere Inzidenz für Menschen, die im Ausland geboren sind; mittlerweile sind dies etwa drei Viertel der in Deutschland diagnostizierten Tuberkulosefälle. Bei der in Deutschland geborenen Bevölkerung zeigt sich ein langjährig rückläufiger Trend. Männer sind etwa doppelt so häufig betroffen wie Frauen und die Altersverteilung zeigt 2 Erkrankungshäufungen: einmal in der Altersgruppe 20–29 Jahre – die vorwiegend dem Bevölkerungsanteil mit ausländischer Staatsangehörigkeit zugeordnet werden kann – und einen weiteren Gipfel im höheren Lebensalter (ab 70 Jahren).

Die Resistenzsituation ist in Deutschland über die Jahre recht stabil geblieben. Der Anteil der multiresistenten Tuberkulosen (MDR-TB¹) liegt im Langzeitverlauf unter 5%, unterscheidet sich jedoch nach Herkunftsland teilweise deutlich. Bei etwa

10–15% der MDR-TB Fälle liegen zusätzlich Resistenzen vor, die eine prä-XDR-TB² oder XDR-TB³ definieren.

Risikofaktoren für das Vorliegen einer medikamentenresistenten bzw. M/XDR-Tuberkulose sind v. a.:

- die Herkunft aus einem Land mit hoher MDR/RR-TB-Prävalenz (hohe Resistenzraten werden in Deutschland insbesondere bei Erkrankten beobachtet, die aus Ländern der ehemaligen Sowjetunion stammen),
- der Kontakt mit einem medikamentenresistenten Tuberkulosefall oder zu Risikogruppen mit hoher MDR/RR-TB-Prävalenz sowie
- eine vorangegangene und möglicherweise nicht effektive TB-Behandlung oder ein Therapieversagen.

Bei Vorliegen einer Medikamentenresistenz, insbesondere bei komplexeren Resistenzmustern, sind die Therapieerfolgsraten i. d. R. deutlich geringer als bei Erkrankungen durch medikamentensensible Erreger [3].

2.2 Erregerreservoir

In Mitteleuropa ist der an Tuberkulose erkrankte Mensch das einzig epidemiologisch relevante Erregerreservoir, die Tuberkulose wird daher praktisch nur von Mensch zu Mensch übertragen.

Als Erreger der Tuberkulose beim Menschen dominiert die Spezies *Mycobacterium tuberculosis*. Deutlich seltener, aber ebenfalls nur beim Menschen vorkommend ist *M. africanum* [1]. Dieser ist in den Ländern Westafrikas endemisch, tritt dort parallel zu *M. tuberculosis* auf und ist für bis zu 40% der TB-Fälle verantwortlich [5]. In Deutschland nachgewiesene Isolate stammen i. d. R. von Patientinnen und Patienten aus dieser Region (2021 wurde in Deutschland bei 1,6% aller Fälle mit Erregerdifferenzierung *M. africanum* angegeben [3]).

Weitere seltene TB-Erreger sind primär tierassoziierte Mykobakterien, v. a. die Erreger der Rindertuberkulose, *M. bovis* und *M. caprae*, deren Anteil in Deutschland zusammen aber ebenfalls unter 2% liegt [3]. Für *M. caprae* existiert u. a. mit dem Rotwild im Alpenraum oder dem Wildschwein auf der iberischen Halbinsel ein etabliertes Reservoir in der Wildtierpopulation [6, 7].

2.3 Infektionsweg

Der epidemiologisch bedeutendste Übertragungsweg ist die aerogene Übertragung mittels erregerhaltiger Tröpfchen des Bronchialsekrets, die vom Erkrankten beim Sprechen, Rufen und Singen, besonders aber beim Husten, Niesen und bei körperlicher Anstrengung freigesetzt werden können.

In der Umgebungsluft verdunstet ein Teil der erregerhaltigen Tröpfchen rasch und wird zu sog. Tröpfchenkernen (droplet nuclei, Aerosole), die von Kontaktpersonen inhaliert werden

¹ Multiresistenz (engl.: multidrug resistance; MDR): Resistenz gegenüber mindestens Rifampicin und Isoniazid. Multiresistenz/RR (engl.: MDR/RR): International wird eine RMP-Resistenz (RR) mit einer MDR-TB gleichgesetzt.

² Präextensive Resistenz (engl.: pre-extensive drug resistance; pre-XDR) ist eine MDR/RR-TB, die zusätzlich gegen eines der Fluorchinolone resistent ist.

³ Extensive Resistenz (engl.: extensively drug resistance; XDR) ist eine MDR/RR-TB, die zusätzlich gegen eines der Fluorchinolone und gegen mindestens ein weiteres Medikament der WHO-Gruppe A (Bedaquilin und/oder Linezolid) resistent ist [4].

können und ein umso höheres Infektionspotenzial haben, je geringer ihr Durchmesser ist. Tröpfchenkerne (Aerosole) können genügend lang in der Luft schweben und so mit dem Atemstrom bis in die Peripherie der Lunge gelangen und dort eine Infektion verursachen.

Größere Tröpfchenkerne sedimentieren dagegen rascher und können von den Selbstreinigungsmechanismen der Atemwege eliminiert werden. Ihre Ansteckungsfähigkeit ist daher sehr gering. Trotz theoretisch langer Überlebensfähigkeit von Erregern (Wochen bis Monate) in sedimentiertem, also in eingetrocknetem Sputum auf Oberflächen, werden diese nicht als relevante Infektionsquelle erachtet [8].

Für die Praxis bedeutet dies, dass Tuberkulose nur dann übertragen werden kann, wenn das Bronchialsekret von Erkrankten in ausreichender Menge vitale Erreger enthält und diese als Tröpfchen respektive dem daraus entstandenen Aerosol in die Umgebungsluft gelangen. Auch bei extrapulmonaler Tuberkulose kann es zu einer Ausscheidung von Tuberkulosebakterien kommen, so z. B. bei der Urogenitaltuberkulose mit dem Urin, bei Perforation und/oder Fistelung von Lymphknoten bzw. Herden einer Organtuberkulose über den Eiter bzw. erregerhaltiges Wundsekret [9, 10]. Bei extrapulmonalen Erkrankungsformen ist allerdings wegen fehlender Aerosolbildung selbst im Falle einer Erregerausscheidung die Wahrscheinlichkeit einer Infektion als so gering anzusehen, dass diese i. d. R. als nicht ansteckungsfähig einzustufen und nicht zu isolieren sind [11]. In seltenen Fällen kann eine Infektion auch durch Inokulation des Erregers auf perkutanem Weg erfolgen, wenn eine Verletzung der Haut mit einem kontaminierten Gegenstand stattgefunden hat [12], sowie in sehr seltenen Fällen durch sexuellen Kontakt bei Urogenitaltuberkulose [13].

2.4 Infektionsrisiko/Ansteckungsfähigkeit

Das Risiko einer Infektion mit Erregern der Tuberkulose hängt von den Umständen der Exposition (Konzentration der Bakterien in der Umgebungsluft, Virulenz der Erreger, Expositionsdauer und -intensität) ab [14, 15]. Das Infektionsrisiko besteht insbesondere bei mikroskopisch positiver Lungentuberkulose, aber auch in geringerem Maße bei ausschließlich molekularbiologischem oder kulturellem Nachweis.

Das größte Risiko für ihre Umgebung stellen Patientinnen und Patienten mit einer ansteckungsfähigen Tuberkulose der Atmungsorgane dar, bei denen die Erkrankung noch nicht diagnostiziert und daher noch nicht therapiert wird sowie Erkrankte mit inadäquater Therapie aufgrund unerkannter Medikamentenresistenzen. Die Ansteckungsfähigkeit ist am höchsten, wenn säurefeste Stäbchen als Zeichen einer hohen Keimzahl mikroskopisch in respiratorischen Sekreten nachweisbar sind (Nachweisgrenze 10^4 Bakterien pro ml). Die Ansteckungsfähigkeit von Patientinnen und Patienten, bei denen lediglich ein kultureller oder molekularbiologischer Keimnachweis gelingt, ist demgegenüber deutlich geringer [15–17]. Studien zeigen allerdings, dass bis zu 30% der Tuberkulosefälle von mikroskopisch negativen Indexpersonen verursacht werden [18–20]. Deshalb können Erkrankte auch dann infektiös sein, wenn lediglich ein molekularbiologischer (PCR) oder kultureller Erregernachweis vorliegt [14]. Eine ausführliche Darstellung zur

Übertragung auf Kontaktpersonen findet sich in der DZK-Empfehlung zur Umgebungsuntersuchung [14].

2.4.1 Berufliches Infektionsrisiko/Berufskrankheit

Die Prävalenz der latenten TB-Infektion (LTBI) ist bei Beschäftigten im Gesundheitswesen etwa dreimal höher als bei Beschäftigten außerhalb des Gesundheitswesens [21]. Das Risiko für eine TB ist bei Beschäftigten im Gesundheitswesen entsprechend einer Metaanalyse ebenfalls etwa 3-fach erhöht [22]. Allerdings sind nicht alle Beschäftigten im Gesundheitswesen gleichermaßen infektionsgefährdet:

BEREICHE MIT EINEM ERHÖHTEN INFektionsRISIKO:

- Tuberkulose- und Infektionsstationen,
- Notaufnahmen,
- Geriatrie,
- Bronchoskopie-Einheiten
- oder bei Tätigkeiten, die mit einer erhöhten Aerosolbildung einhergehen wie:
 - Atemtherapie,
 - Beatmung (beim Absaugen),
 - Bronchoskopie,
 - Intubation,
 - Reanimation,
 - Sputuminduktion (Inhalation).

Weitere Tätigkeitsbereiche mit einem potenziell erhöhten Expositionsrisiko sind die Pathologie und bakteriologische Laboratorien. Auch für Personen, die in der Betreuung von Risikogruppen (z. B. Obdachlose, Drogenabhängige, Inhaftierte) tätig sind, muss von einem erhöhten Infektionsrisiko ausgegangen werden [23].

Im Rahmen der Beweiserleichterung für die Anerkennung der Tuberkulose als Berufskrankheit wird dementsprechend eine erhöhte Gefährdung u. a. bei Tätigkeiten in Tuberkulosestationen, Lungenfachkliniken und -praxen (auch für dort physiotherapeutisch Tätige, die Atemtherapie durchführen) angenommen. Das gilt auch für Labore, die Sputumproben untersuchen, Notaufnahmen, Rettungsdienste, Infektionsstationen, in der Pathologie, Rechtsmedizin, Geriatrie und Altenpflege.

2.4.2 Infektionsrisiko durch Tiere

Deutschland wurde von der EU am 17.12.1996 der Status „amtlich frei von Rindertuberkulose“ zuerkannt, d. h. mindestens 99,9% der Rinderbestände sind frei von Tuberkulose [24]. Die Anzahl der pro Jahr nachgewiesenen Ausbrüche liegt nur noch im 1- bis niedrig 2-stelligen Bereich, wobei in den letzten Jahren häufiger *M.-caprae*- als *M.-bovis*-Infektionen bei den Rindern angezeigt wurden [25]. Humane Infektionen, die von infizierten Rindern ausgehen, können selten durch den Verzehr von nicht pasteurisierter Milch erfolgen [26]; auch deswegen wurde die Pasteurisierungspflicht eingeführt.

Bei anderen Tierarten treten Infektionen mit Erregern aus dem *M.-tuberculosis*-Komplex noch seltener auf. Hervorzuheben

sind Klein- und Heimtiere (Importhistorie beachten) und Zoo-tiere, aber auch Kameliden (z. B. Alpakas und Lamas) gelten als empfänglich [27–32]. Die Letztgenannten werden als Freizeit- (u. a. Trekking) und Therapietiere immer beliebter und kommen darüber in engeren Kontakt zu Menschen. Es besteht Anzeigepflicht für die Tuberkulose der Rinder durch *M. bovis*, *M. caprae* oder *M. tuberculosis* [33–36] sowie Meldepflicht für Infektionen bei den übrigen landlebenden Säugetieren jeweils an die nach Landesrecht zuständige Veterinärbehörde [35, 37].

Eine valide immunologische Diagnostik ist mit Ausnahme des Rindes bei den meisten Tierarten bisher nicht möglich [7]. Bei Krankheitsverdacht kann die Diagnostik einer Tuberkulose bei anderen Tierarten mittels bildgebender Verfahren erfolgen. Parallel kann eine bakteriologische oder molekulargenetische Diagnostik ante mortem aus Material z. B. von Bioptaten oder, bei Manifestation in der Lunge, Bronchiallavage versucht werden. Eine Tuberkulosetherapie ist beim Tier nicht evaluiert. Beim Rind sind Impf- und Heilversuche verboten [36].

Insgesamt ist die Wahrscheinlichkeit der Übertragung vom Tier auf den Menschen durch direkte Exposition und infektiöse Lebensmittel in Ländern mit hohem Lebens- und Hygienestandard als gering einzustufen [30].

2.5 Progressionsrisiko – von der Infektion zur Erkrankung

Bei einer Tuberkulose können im Gegensatz zu vielen anderen Infektionskrankheiten lange Zeitspannen von wenigen Wochen bis zu Jahrzehnten zwischen der Infektion (LTBI) und dem Auftreten einer Erkrankung vergehen. Allerdings erkranken nur 5–10% der immungesunden infizierten Erwachsenen im Laufe ihres Lebens, wobei das höchste Progressionsrisiko in den ersten beiden Jahren nach der Ansteckung besteht.

Ein intensiver, kurze Zeit zurückliegender Kontakt zu einem Menschen mit ansteckungsfähiger Tuberkulose ist daher ein wichtiger Risikofaktor [14]. Säuglinge und Kleinkinder haben ein deutlich erhöhtes Progressionsrisiko, das in Abhängigkeit vom Alter auf mehr als 40% erhöht sein kann [38, 39]. Ein erhöhtes Risiko haben auch höhergradig immungeschwächte Menschen, insbesondere Menschen, die mit HIV leben (PLWH) und deren Immunsystem nicht durch eine antiretrovirale Therapie (ART) ausreichend rekonstituiert ist. Ein weiterer Risikofaktor ist eine immunsuppressive Therapie, v. a. mit TNF-alpha-Inhibitoren, aber auch mit anderen Biologika (siehe auch jeweilige Fachinformation [4, 40]). Zu den weiteren Risikofaktoren zählen z. B. Rauchen, Alkohol- und Drogenabhängigkeit, Unterernährung, Diabetes und Lebensumstände wie Obdachlosigkeit, ein (früherer) Haftaufenthalt und Armut. Darüber hinaus betrifft die Tuberkulose v. a. (aber nicht nur) Menschen aus Herkunftsländern, in denen diese noch sehr häufig und die Infektionsprävalenz folglich hoch ist.

In den Leitlinien zur Tuberkulose im Erwachsenenalter [4] und bei Kindern und Jugendlichen [41] finden sich detaillierte Informationen zu weiteren Risikofaktoren und den empfohlenen präventiven Therapiemöglichkeiten.

2.6 Diagnostik

Die Tuberkulosedagnostik beruht auf dem Nachweis eines Erregers des *Mycobacterium-tuberculosis*-Komplexes in Sputum, Bronchialsekret (ggf. Magensaft) oder anderen Materialien erkrankter Organsysteme.

Wenn eine Bronchoskopie erfolgt, sollte auch ein postbronchoskopisches Sputum untersucht werden. Die Diagnose wird mit einer Kombination aus mikroskopischen, kulturellen und molekulargenetischen Verfahren sichergestellt [4]. Eine phänotypische Empfindlichkeitsprüfung des kulturell angezüchteten Erregers auf Medikamente der Standardtherapie (und bei Vorliegen von Medikamentenresistenzen auf Medikamente der Nichtstandardtherapie) wird in Deutschland bei jedem kulturell gesicherten Tuberkulosefall durchgeführt, dauert jedoch 1–3 Wochen. Direkt aus der Patientenprobe (z. B. Sputum) sollte eine molekulargenetische Analyse der mit INH- und RMP-Resistenz assoziierten Genabschnitte erfolgen [4, 42]. Liegt keine molekulargenetische Analyse aus dem Primärmaterial vor, sollte diese aus der ersten positiven Kultur vor Erhalt der phänotypischen Empfindlichkeitsprüfung durchgeführt werden. Da mit den gängigen molekulargenetischen Methoden nicht alle Resistenzen erkannt werden und darüber hinaus nicht für alle Medikamente der Nichtstandardtherapie die relevanten Gene bekannt sind, kann bislang noch nicht auf die Durchführung phänotypischer Verfahren der Resistenztestung verzichtet werden.

2.6.1 Immunologische Diagnostik (IGRAs, Tuberkulin-Hauttest)

Für Kontaktpersonen stehen mit dem Interferon- γ -Release-Assay (IGRA, Bestimmung der Freisetzung von Gamma-Interferon durch in vitro stimulierte T-Lymphozyten) und dem Tuberkulin-Hauttest (THT) 2 Untersuchungsmethoden zur Verfügung, um eine eventuelle Infektion nachzuweisen [14, 43]. Der Nachweis der Sensibilisierung gegenüber Tuberkulose-Antigenen ist ein indirekter Hinweis für eine immunologische Auseinandersetzung mit *M. tuberculosis*. Sowohl IGRA als auch THT können jedoch nicht zwischen latenter Infektion und florider Erkrankung unterscheiden und sind daher nicht geeignet, in klinisch oder radiologisch verdächtigen Fällen eine Tuberkulose sicher zu bestätigen oder auszuschließen [44, 45]. Für weitergehende Erläuterungen sei auf die entsprechenden Empfehlungen des DZK verwiesen [14].

2.7 Meldepflicht

Ärztinnen und Ärzte sind nach § 6 Abs. 1 Nr. 1a Buchstabe a Infektionsschutzgesetz (IfSG) [46] verpflichtet, eine Erkrankung sowie den Tod an behandlungsbedürftiger Tuberkulose namentlich zu melden, auch wenn ein bakteriologischer Nachweis nicht vorliegt.

In der Praxis wird somit jeder Fall meldepflichtig, bei dem eine Kombinationstherapie zur Behandlung einer Tuberkulose eingeleitet wurde bzw. bei post mortem diagnostizierter Tuberkulose eine ärztliche Indikation zur Durchführung einer Tuberkulose-therapie zu Lebzeiten gestellt worden wäre. In § 8 IfSG werden alle zur Meldung verpflichteten Personen benannt.

Nach § 7 Abs. 1 Nr. 34 IfSG müssen Leiterinnen und Leiter von Laboren den Nachweis säurefester Stäbchen im Sputum, den kulturellen oder molekularbiologischen Nachweis von Tuberkulosebakterien (mit Ausnahme von *M. bovis* BCG) sowie die Ergebnisse der Empfindlichkeitsprüfung an das zuständige Gesundheitsamt melden (nach § 9, Abs. 2 Buchstabe i auch Typisierungsergebnisse). Die Meldepflicht besteht bereits für den Nachweis säurefester Stäbchen im Sputum, damit das Gesundheitsamt bei dieser potenziell besonders ansteckenden Form der Lungentuberkulose frühzeitig aktiv werden kann.

Die Meldung muss dem Gesundheitsamt spätestens innerhalb von 24 Stunden vorliegen und darf wegen einzelner fehlender Angaben nicht verzögert werden (§ 9 Abs. 3). Die Meldung gemäß § 7 Abs. 1 IfSG muss elektronisch über das Deutsche Elektronische Melde- und Informationssystem für den Infektionsschutz (DEMIS) erfolgen. Die Labormeldung nach § 7 ersetzt nicht die ärztliche Meldung nach § 6. In § 9 IfSG ist festgelegt, welche Angaben die namentliche Meldung an das Gesundheitsamt enthalten muss. Diese Angaben sind erforderlich, um die notwendigen Infektionsschutzmaßnahmen und ggf. eine Kontaktpersonennachverfolgung einleiten zu können.

Darüber hinaus ist dem Gesundheitsamt bei Krankenhausaufnahme bzw. -entlassung der Aufenthaltsort der Patientin bzw. des Patienten zu melden (§ 9 Abs. 1 Buchstabe o bzw. Abs. 2 Buchstabe d IfSG). Falls die Behandlung abgebrochen oder verweigert wird, ist dies nach § 6 Abs. 2 IfSG für behandlungsbedürftige Lungentuberkulosen meldepflichtig. Bei nicht-infektiösen Tuberkulosen kann eine duldpflichtige Überwachung des Infektionsstatus und der Krankheitsprogredienz mittels regelmäßiger Thoraxröntgen- und Sputumuntersuchungen (§ 29 IfSG) durchgeführt werden. Bei an infektiöser Lungentuberkulose Erkrankten kann bei Therapieabbruch oder ungenügender Therapieadhärenz bzw. Patientenmitarbeit nach Ausschöpfung aller Unterstützungsmöglichkeiten nach § 30 IfSG auf Antrag der zuständigen Behörde eine zwangsweise Unterbringung (Isolierung) richterlich angeordnet werden [46, 47]. Zu den dafür geeigneten Einrichtungen zählen die Klinik Obermain in Kutzenberg (Männer und Frauen) und in die Karl-Hansen-Klinik in Bad Lippspringe (nur für Frauen).

Gemäß § 27 IfSG unterrichtet das Gesundheitsamt die zuständige Veterinärbehörde, wenn ein Nachweis bzw. Verdacht besteht, dass Erreger einer übertragbaren Krankheit von Tieren auf eine Person übertragen wurden. Für die Veterinärbehörden existieren analoge Unterrichtungspflichten an die Gesundheitsämter, diese sind im § 35 TierGesG gesetzlich verankert [33].

3 Maßnahmen zur Infektionsprävention

3.1 Allgemeine Grundsätze der Infektionsprävention

Sämtliche Präventionsmaßnahmen bei ansteckungsfähiger Tuberkulose zielen darauf ab, das Risiko einer Infektion bei Kontaktpersonen zu minimieren bzw. bei bereits erfolgter Exposition besonders gefährdete, infizierte oder bereits erkrankte Personen zeitnah zu erkennen und zu behandeln, damit diese nicht zu neuen Infektionsquellen werden.

Hierfür sind von besonderer Bedeutung:

1. die schnelle Diagnose, d. h. das schnelle Auffinden von erkrankten und insbesondere von ansteckungsfähigen Personen [4, 14, 15],
2. die frühe Einleitung einer wirksamen Therapie [4, 15],
3. adäquate Hygienemaßnahmen,
4. die präventive Therapie enger Kontaktpersonen [4].

Ein effizienter Infektionsschutz kann nur erreicht werden, wenn die genannten Maßnahmen als Bündel gesehen werden und ihre Umsetzung konsequent erfolgt. Aufgrund der Datenlage ist es schwierig, den Stellenwert der einzelnen Maßnahmen zu definieren.

Der Fokus der vorliegenden Empfehlungen liegt auf Infektionspräventionsmaßnahmen, die in Bereichen Anwendung finden sollen, in denen Patientinnen und Patienten mit einer vermuteten oder bestätigten ansteckungsfähigen Tuberkulose betreut werden. Je nach Infektionsrisiko sind dabei unterschiedliche Maßnahmen in stationären und ambulanten medizinischen Einrichtungen, im häuslichen Bereich, beim Krankentransport, in Gemeinschaftseinrichtungen sowie im Justizvollzug notwendig.

3.2 Impfung

In Deutschland wird die BCG-Impfung seit 1998 generell nicht mehr von der Ständigen Impfkommission am Robert Koch-Institut (STIKO) empfohlen und ist aktuell nicht verfügbar.

Die Schutzwirkung ist unzureichend und das Risiko einer Impfnebenwirkung übersteigt in Deutschland das Infektionsrisiko. Indikationsgerecht werden in Deutschland zur Immuntherapie des Harnblasenkarzinoms speziell aufbereitete BCG-Impfstämme als Blaseninstillation eingesetzt. Im März 2020 erschien dazu ein Rote-Hand-Brief, der auf das Risiko einer systemischen BCG-Infektion nach Blaseninstillation hinweist [48].

Weltweit wird die BCG (Bacille Calmette-Guérin)-Impfung gegen Tuberkulose für Neugeborene in Regionen mit hoher Tuberkuloseinzidenz (hier definiert als 40 Fälle/100 000 Einwohner pro Jahr [49]) empfohlen. Sie bietet v. a. in den 3 ersten Lebensjahren Schutz gegen besonders schwere Verlaufsformen wie die Miliartuberkulose und die tuberkulöse Meningitis [49, 50]. Die BCG-Impfung ist mit derzeit knapp 130 Millionen Impfdosen pro Jahr wichtiger Bestandteil nationaler Impfstrategien in Hochinzidenzländern und kann zur Senkung der Kindersterblichkeit beitragen.

Es befinden sich einige neue Impfstoffkandidaten in der klinischen Prüfung. Es ist jedoch nicht damit zu rechnen, dass in naher Zukunft eine generelle Impfung für alle Altersgruppen zur Verfügung steht. International wie auch in Niedriginzidenzländern wie Deutschland zählt die Impfstoffentwicklung zu den Prioritäten im Rahmen der EndTB-Strategie zur Eliminierung der Tuberkulose [1, 51].

3.3 Information, Schulung, Verhalten

Durch eine verständliche und an die individuelle Situation angepasste Aufklärung können Patientinnen und Patienten maßgeblich dazu beitragen, dass nach der Diagnose einer ansteckungsfähigen TB keine Übertragungen in ihrem Umfeld stattfinden.

Die Gruppe der TB-Patientinnen und Patienten in Deutschland ist sehr heterogen. Daher muss die Aufklärung den kulturellen und sprachlichen Hintergrund berücksichtigen. Wenn möglich sollte bei fremdsprachlicher Aufklärung ein Sprachmittler hinzugezogen werden. Ergänzend können internetbasierte Anwendungen zur Verständigung genutzt werden. Hier steht z. B. mit ExplainTB (www.explainTB.org) eine Applikation zur Aufklärung in verschiedenen Sprachen zur Verfügung. Damit können Texte individuell zusammengestellt werden, welche auch Aspekte der Infektionsprävention umfassen.

Neben der Hustenhygiene sollten insbesondere ausreichendes Lüften, die Abstandsregeln und das Tragen eines Mund-Nasenschutzes in Anwesenheit anderer Personen thematisiert werden.

Sollte eine häusliche Isolierung (gemäß §30 Abs.1 Satz2 IfSG) bei potenziell noch ansteckungsfähiger Tuberkulose geplant sein, müssen die Erkrankten sowie Angehörige bzw. Haushaltsmitglieder zu den Verhaltensregeln im häuslichen Umfeld aufgeklärt und beraten werden. Für weitere Informationen zur häuslichen Isolierung verweisen wir auf Kapitel 4.2.3 und 5.2.

Ein weiterer Kernbestandteil einer erfolgreichen Infektionsprävention ist die regelmäßige Schulung des medizinischen Personals [52]. Dies gilt insbesondere in Bereichen, in denen häufiger TB-Kontakt zu erwarten ist. Ein Schulungsangebot zu TB-Infektionsrisiken und -prävention ist jedoch für alle anderen Mitarbeitenden in entsprechenden Einrichtungen sinnvoll, da auf diesem Weg Ängste auch im gelegentlichen Umgang mit TB-Erkrankten und deren Stigmatisierung verringert werden können. Mit TB-Patientinnen und Patienten sollte über die – immer noch häufig anzutreffende – Stigmatisierung gesprochen und bei Bedarf Unterstützung angeboten werden, da sie ein Therapiehindernis darstellen kann.

4 Maßnahmen für Gesundheitseinrichtungen

4.1 Diagnostische Klärung der Ansteckungsfähigkeit

Zur Einschätzung, ob eine ansteckungsfähige pulmonale Tuberkulose vorliegt, sollten zumindest 3 Sputumproben von hoher Qualität (z. B. Morgensputum) mikroskopisch, kulturell und mindestens aus einer Probe auch molekularbiologisch auf TB untersucht werden.

Die Sensitivität des Nachweises durch molekularbiologische Verfahren kann durch die Untersuchung mehrerer Proben erhöht werden [4]. Es ist unklar, wie lange bei Personen, die bereits früher an TB erkrankt waren, der molekularbiologische Nachweis positiv bleibt. Daher ist der Aussagewert molekularbiologischer Methoden zur Ansteckungsfähigkeit bei diesen Vorerkrankten eingeschränkt.

4.2 Isolierungsmaßnahmen

4.2.1 Räumliche Isolierung

Stationär betreute Erkrankte mit einer ansteckungsfähigen Lungentuberkulose, bei denen ein Erregernachweis mittels mikroskopischer, molekularbiologischer oder kultureller Methoden

aus Atemwegssekreten erfolgt ist, sind in dafür geeigneten Räumen mit eigener Nasszelle zu isolieren (siehe auch Kapitel 4.5.1). Dies gilt auch für Patientinnen und Patienten mit Verdacht auf das Vorliegen einer TB bis zum Ausschluss einer ansteckungsfähigen Lungentuberkulose.

Wichtigstes Ziel der Unterbringung im Einzelzimmer ist, durch die Isolierung und eine ausreichende Raumlüftung eine Einbringung der Erreger in andere Bereiche der Einrichtung zu minimieren (siehe auch Kapitel 4.4).

4.2.2 Kohortenisolierung

Eine Kohortenisolierung (d. h. Unterbringung im gleichen Krankenzimmer) kommt wegen der Möglichkeit der Superinfektion lediglich bei Erkrankung von Personen infrage, bei welchen eine direkte Infektionskette angenommen werden kann (z. B. Mutter-Kind) oder bei denen ein medikamentensensibler Erreger nachgewiesen und bereits eine wirksame Therapie eingeleitet wurde [53].

4.2.3 Häusliche Isolierung

Bei kooperativen Patientinnen und Patienten kommt auch eine häusliche Isolierung infrage, wenn dies nach ärztlicher Einschätzung in Absprache mit dem zuständigen Gesundheitsamt möglich und sinnvoll ist.

Folgende Voraussetzungen müssen für eine häusliche Isolierung mindestens erfüllt sein:

- Das Verständnis für die Erkrankung und für die Notwendigkeit der Infektionsschutzmaßnahmen muss soweit vorhanden sein, dass von einer selbstständigen Mitarbeit bei Therapie und Kontrolluntersuchungen wie auch bei den Maßnahmen zum Schutz anderer ausgegangen werden kann (siehe auch Kapitel 3.3).
- Die häusliche Versorgung muss so organisiert sein, dass die erkrankte Person keine öffentlichen Einrichtungen oder Orte mit Menschenansammlungen aufsuchen muss.
- Im Haushalt dürfen keine immunsupprimierten Personen und insbesondere keine Kinder unter 5 Jahren leben. Selbst wenn Letztere vor Bekanntwerden der Diagnose bereits exponiert wurden, sollten weitere Kontakte in der Initialphase der Behandlung auf ein Minimum reduziert werden. Dies gilt insbesondere, wenn die Kinder keine prophylaktische oder präventive Therapie erhalten.

Die häusliche Isolierung sollte möglichst in einem separaten Zimmer mit Lüftungsmöglichkeit erfolgen. Die Dauer der Isolierung orientiert sich an den unten genannten Kriterien. Weitere Informationen zur häuslichen Isolierung finden sich in Kapitel in 3.3 und 5.2.

4.2.4 Besuch während der Isolierung

Im Sinne einer patientenzentrierten Versorgung sollte darauf hingewiesen werden, dass unter Einhaltung adäquater Schutzmaßnahmen (siehe Kapitel 4.6.1.3) und nach ärztlicher Rücksprache auch während des Zeitraums der Ansteckungsfähigkeit Besuche möglich sind, insbesondere wenn sie zu einem erfolgreichen Therapieverlauf beitragen. Grundsätzlich sollten aber auch digitale Kommunikationsmöglichkeiten unterstützt und

als Alternative angeboten werden. Der Kontakt zu besonders vulnerablen Personen wie Kindern unter 5 Jahren oder Immunsupprimierten sollte in der Phase der Ansteckungsfähigkeit vermieden werden.

4.2.5 Aufenthalt im Freien

Solange eine räumliche Isolierung erforderlich ist, sollten Patientinnen und Patienten möglichst im Zimmer bleiben. Da eine deutliche Reduktion der Erregerausscheidung (und damit Abnahme der Ansteckungsfähigkeit) bereits Tage nach Beginn einer wirksamen Therapie anzunehmen ist [15], können entsprechend unterwiesene und kooperative Patientinnen und Patienten mit ansteckungsfähiger Tuberkulose nach individueller ärztlicher Abwägung das Isolierzimmer für Aufenthalte im Außengelände der Klinik auch vor der grundsätzlichen Aufhebung der Isolierung verlassen. Vor dem Verlassen des Isolierzimmers muss die Patientin oder der Patient eine Händedesinfektion durchführen und einen Mund-Nasen-Schutz (Kap. 4.6.1) anlegen. Der Weg ins Freie soll direkt und ohne Betreten von Risikobereichen (z. B. Transplantationsmedizin, Onkologie, Neonatologie, Bereiche mit hohem Patientenaufkommen) innerhalb der Einrichtung erfolgen (siehe 4.5.1).

4.3 Dauer der Isolierung

4.3.1 Verdacht auf TB

Patientinnen und Patienten mit der Verdachtsdiagnose TB können entisoliert werden, wenn die Ergebnisse der initial durchgeführten 3-fachen mikroskopischen Sputumuntersuchungen oder mindestens einer molekularbiologischen Sputumuntersuchung sämtlich negativ ausfallen. Dies schließt auch Untersuchungsergebnisse von Bronchialsekret bzw. -lavage (BAL)-Spülung und postbronchoskopisch gewonnenem Sputum ein [54, 55]. Darüber hinaus bedarf es jedoch einer weiteren medizinischen Abwägung. Dazu gehören die Befunde der Bildgebung (Vorhandensein von Kavernen, ausgedehnte Befunde), Hustensymptomatik sowie bestehende Sekundärfälle [15, 52, 56].

In manchen Fällen gelingt (vorerst) kein Erregernachweis, sodass die Indikation für eine intensiviertere Diagnostik vorliegt, insbesondere wenn eine Rifampicin-resistente Tuberkulose vermutet wird wie bei Patientinnen und Patienten aus MDR/RR-TB-Hochprävalenzregionen (z. B. aus postsowjetischen Staaten) oder bei Kontakt zu medikamentenresistenten Indexpersonen [4].

4.3.2 Pulmonale TB ohne Rifampicin-Resistenz

Die Dauer der Ansteckungsfähigkeit unter einer adäquaten Therapie wird in der Literatur unterschiedlich bewertet [15, 57]. Unter einer effektiven TB-Therapie geht die Infektiosität in der Regel jedoch rasch zurück. Die vorhandenen Studiendaten belegen allerdings keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Sputummikroskopie oder -kultur und der Infektiosität. Eine mikroskopische Sputumkonversion (definiert als 3 negative Sputa hoher Qualität [z. B. Morgensputum] mit mindestens 8 Stunden Abstand in der Entnahmezeit) kann zwar als Hinweis auf ein Therapieansprechen gewertet

werden, zur Entscheidung über den Zeitpunkt der Entisolierung sollten aber andere Kriterien herangezogen werden.

Bei initialem Erregernachweis in Atemwegssekreten (mikroskopisch, kulturell oder molekularbiologisch) ist unter den folgenden Voraussetzungen ein Isolierungszeitraum von mindestens 14 Tagen unter Therapie unabhängig von den mikrobiologischen Verlaufskontrollen als ausreichend anzusehen [56, 57]:

- adäquate, empfehlungsgerechte medikamentöse Therapie
- molekularbiologisch kein Hinweis auf Rifampicin-Resistenz
- ausreichende Verträglichkeit der TB-Medikation
- Gewährleistung einer guten Therapieadhärenz
- deutlicher Rückgang der Hustenfrequenz (selten bis tritt nicht mehr auf)
- deutliche klinische Besserung (z. B. Rückgang von Fieber, Gewichtszunahme)
- kein Kontakt zu besonders TB-gefährdeten Personen in der geplanten Unterbringung (z. B. Organtransplantierte, PLWH, Personen unter Biologikabehandlung, Kinder <5 Jahre)
- initial niedrige Erregerdichte, keine ausgedehnte pulmonale Beteiligung, keine Larynx-TB

Wenn diese Kriterien nicht erfüllt sind, sollte unter Berücksichtigung des klinischen Gesamtbildes und der Behandlungssituation die Isolierrdauer (z. B. auf 21 Tage) verlängert werden.

Wird bei noch ausstehenden Kulturergebnissen die Therapie einer pulmonalen TB begonnen und trotz initial fehlendem Erregernachweis eine Ansteckungsfähigkeit angenommen (z. B. durch ausgedehnte Befunde in der Bildgebung bzw. Vorhandensein von großen Kavernen, ausgeprägte Hustensymptomatik oder bei bereits bekannten Sekundärfällen), **sollte unter Beachtung der oben genannten Voraussetzungen ebenfalls eine Isolierung von über mindestens 14 Tagen erfolgen.**

Für die Entscheidung über die Entisolierung eignet sich die PCR-Testung nicht, da sie trotz wirksamer Therapie noch lange positiv ausfallen und auch Erreger nachweisen kann, die nicht mehr vermehrungsfähig sind.

4.3.3 Pulmonale TB mit Rifampicin-Resistenz

Eine MDR/RR-TB ist im Allgemeinen nicht virulenter oder infektiöser als die medikamentensensible TB [15, 58]. Obwohl demnach für die Prävention der Übertragung von MDR/RR-TB dieselben Kriterien gelten sollten, sind die Konsequenzen einer MDR/RR-TB-Folgeinfektion bzw. -erkrankung aufgrund der Komplexität und Dauer der erforderlichen Behandlung viel gravierender. Daher gelten für die Isolierung bei MDR/RR-TB strengere Kriterien.

Für eine – wie in solchen Fällen angestrebte – möglichst sichere Abschätzung einer noch bestehenden Infektiosität hat sich die Negativierung der mikroskopischen Sputumuntersuchung als alleiniges Entscheidungskriterium als nicht geeignet erwiesen [59]. Die höchste Sensitivität für den Nachweis vitaler TB-Erreger ist durch die kulturelle Anzucht zu erwarten. Aufgrund der schwerwiegenderen Folgen einer MDR/RR-TB-Infektion bzw. -erkrankung ist in Übereinstimmung mit den britischen Empfehlungen bei MDR-/RR-TB vor Entisolierung idealerweise mindestens eine negative Sputumkultur zu fordern [56].

Zusätzlich sind bei der Entscheidung über die Dauer der Isolierung die folgenden Kriterien als Voraussetzung für eine Entisolierung zu prüfen:

- adäquate, empfehlungsgerechte medikamentöse Therapie
- ausreichende Verträglichkeit der TB-Medikation
- Gewährleistung einer guten Therapieadhärenz
- deutlicher Rückgang der Hustenfrequenz (selten bis tritt nicht mehr auf)
- deutliche klinische Besserung (z. B. Rückgang von Fieber, Gewichtszunahme)

Aufgrund der häufig langen Therapiedauer und der mit einer Isolierung verbundenen zusätzlichen psychosozialen Belastungen sollten die Voraussetzungen für eine häusliche Isolierung in regelmäßigen Abständen geprüft werden (siehe Kapitel 4.2.3) [52].

4.4 Raumluftechnische Maßnahmen (Lüftung/RTLA/UV)

Wichtigstes Ziel der Unterbringung im Einzelzimmer ist, durch die Isolierung der Patientin oder des Patienten und durch eine ausreichende Raumlüftung (Verdünnung oder Elimination der infektiösen Aerosole) eine Weiterverbreitung der Erreger in andere Bereiche der medizinischen Einrichtung zu minimieren.

Um dieses Ziel zu erreichen, werden für Deutschland v. a. die natürliche Lüftung und Raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen) empfohlen. Der Stellenwert der UV-Lichtbestrahlung wird kontrovers diskutiert und diese wird allenfalls ergänzend empfohlen.

4.4.1 Natürliche Lüftung

Wenn die Möglichkeit der natürlichen Fensterlüftung besteht, soll diese genutzt werden. Die Abluft muss dabei direkt ins Freie erfolgen, ohne dass eine Gefahr des Erregereintrags auf andere Bereiche außerhalb des Zimmers besteht. Die Tür zum Patientenzimmer ist dabei geschlossen zu halten, um eine Verbreitung infektiöser Aerosole in andere Krankenhausbereiche zu verhindern. Zur Vermeidung von unkontrollierten Luftströmen aus dem Patientenzimmer in andere Stationsbereiche kann die Nutzung eines Zimmers mit Vorraum sinnvoll sein.

Auf eine häufige, mehrmals tägliche Lüftungsfrequenz soll geachtet werden. In einer kanadischen Studie konnte gezeigt werden, dass bei einer Luftaustauschrate von weniger als 2-fach pro Stunde sich das Risiko einer Tuberkulinkonversion, also einer Infektion des medizinischen Personals, verdreifachte [15]. Auch die Nutzung von CO₂-Messgeräten/-Ampeln, wie sie in der COVID-19-Pandemie zum Einsatz kamen, kann hier hilfreich sein [60].

4.4.2 Raumluftechnische Anlagen (RLT-Anlagen)

Der wesentliche Effekt einer RLT-Anlage liegt neben der Filtration in einem gesicherten regelmäßigen Austausch der Luft. Wenn eine RLT-Anlage vorhanden ist, wird im Patientenzimmer ein Unterdruck eingestellt. Ist ein Vorraum vorhanden, sind 2 Alternativen möglich: Überdruck oder Unterdruck im Vorraum. Bei beiden Lösungen mit Vorraum gelangt keine Luft aus dem Patientenzimmer in den Flur. Auf keinen Fall darf die RLT-Anla-

ge im Isolierzimmer mit Überdruck betrieben werden. Ebenso darf Abluft aus Isolierzimmern nur gefiltert (Schwebstofffilter) in andere Innenbereiche gelangen. Auf eine geeignete Abluftführung ist zu achten. Gelangt die Abluft über eine RLT-Anlage ins Freie, ist keine Filterung erforderlich. Bei Verwendung von RLT-Anlagen muss die Funktion regelmäßig überprüft werden (Zu- und Abluftleistung, Filterintegrität, Strömungsverhältnisse u. a.).

Die Studienlage zur Prävention der Tuberkuloseübertragung durch RLT-Anlagen, welche primär Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Frischluftzufuhr in Räumen regeln, ist nicht optimal. Mit einer RLT-Anlage kann allerdings unabhängig von saisonalen klimatischen Gegebenheiten eine adäquate Luftwechselrate und eine kontrollierbare Strömungsrichtung erzielt werden [4].

4.4.3 Stellenwert der UV-Lichtbestrahlung

Eine weitere technische Maßnahme der Infektionskontrolle stellt die Desinfektion von Raumluf mittels UV-Licht dar. Der desinfizierende Effekt wird dadurch erreicht, dass die Strahlung durch bestimmte Bereiche der mykobakteriellen DNA absorbiert wird und diese zerstört oder an der Vermehrung hindert. Voraussetzung ist ein vertikaler Luftaustausch [61]. Die Effektivität dieser Desinfektionsmaßnahme hängt von der Raumtemperatur, der Luftfeuchtigkeit, der Kontaktzeit der Strahlen mit den Mykobakterien, der Distanz zur UV-Quelle und der Zustandsform der Bakterien ab [62].

UV-Bestrahlung wird zunehmend eingesetzt zur Zerstörung von Bakterien-DNA. Hierbei wird typischerweise eine Wellenlänge von 294 nm genutzt. Die Geräte werden entweder direkt in Lüftungskanälen oder als transportable Einrichtungen zur Schlussdesinfektion von Patientenzimmern verwendet [52]. Es ist allerdings schwierig, den Effekt des UV-Lichts als Teil eines Maßnahmenbündels in Studien zu belegen, weshalb bis heute nur eine geringe Evidenz für den Einsatz besteht. Diel et al. sehen ihren Wert daher lediglich als ergänzende Interventionsmöglichkeit, wenn eine ausreichende Belüftung schwierig umzusetzen ist [63].

Die WHO gibt derzeit Maßnahmen zur Verbesserung der Ventilation gegenüber der Desinfektion von Raumluf mittels UV-Licht den Vorzug [52]. Aufgrund der aktuellen Studienlage zur Wirksamkeit von UV-Licht erscheint eine Empfehlung dieser Maßnahme für Deutschland derzeit nicht gerechtfertigt. Allenfalls kommt eine UV-Bestrahlung additiv nach Schlussdesinfektion mit tuberkulozid wirksamen Flächendesinfektionsmitteln in Betracht.

4.5 Bauliche Voraussetzungen

4.5.1 Räumliche Voraussetzungen im Krankenhaus

International besteht Konsens, dass ansteckungsfähige Patientinnen und Patienten in Einzelzimmern mit eigener Nasszelle (mit Toilette und Dusche) unterzubringen sind [11, 52, 55, 56, 63–65]. Die Türen zum Stationsflur sollten dicht schließen und sind geschlossen zu halten.

Der Schweizer Leitfaden sieht keine Schleusen vor [55], andere Autoren sehen sie als wünschenswert, aber nicht zwin-

► **Tab. 1** Mund-Nasen- und Atemschutz bei TB.

Personengruppe	Art des Schutzes	Ziel	Wann und wie lange
Patientinnen und Patienten mit ansteckender Lungentuberkulose	Mund-Nasen-Schutz (MNS) nach DIN EN 14683	Reduktion von erregerehaltigem Aerosol durch Erkrankte	<ul style="list-style-type: none"> immer außerhalb des Isolationszimmers innerhalb des Isolationszimmers, wenn andere Personen anwesend sind kann solange benutzt werden, wie der MNS infolge Durchfeuchtung in seiner Funktion nicht beeinträchtigt wird (max. 8 h)
Personal/Besucher von ansteckungsfähigen TB-Patienten	Atemschutzmaske mind. FFP2 (evtl. mit Ausatemventil) nach DIN EN 149 (für Personal mit Dichtprüfung)	Vermeidung von Inhalation von erregerehaltigem Aerosol durch Kontaktpersonen	<ul style="list-style-type: none"> bei Kontakt mit Erkrankten und bei Betreten des Isolationszimmers Maske kann mehrfach verwendet werden, solange keine Beschädigung, Verschmutzung oder Durchfeuchtung besteht, für Personal max. 8 h

gend an [66, 67]. Die KRINKO unterscheidet hier zwischen sensibler und MDR/XDR-TB: Während für sensible TB eine Schleuse nicht gefordert wird, ist für die MDR-/XDR-TB eine Schleuse vorzusehen [11]. Inwiefern eine Schleuse erforderlich ist, ist somit nicht einheitlich beantwortet. Auch wenn keine generelle Empfehlung gegeben werden kann, wird eine Schleuse bei MDR/RR-TB als sinnvoll erachtet.

Die Einzelzimmer befinden sich idealerweise auf einer gesonderten Isolierstation, können aber auch innerhalb einer Nicht-Isolierungsstation liegen. Bei Neubau von Isolierzimmern in Infektionsstationen sollten grundsätzlich Schleusen geplant werden, auch wenn diese bei der Unterbringung von TB-Patientinnen und -Patienten nicht unbedingt erforderlich sind. Gesetzliche Vorgaben der Bundesländer sind hierbei zu beachten.

Insbesondere bei der Neuplanung von Isolierbereichen ist ein separater Zugang von außen wünschenswert. Dieser kann genutzt werden, um Infektionspatienten bei der Neuaufnahme in den Isolierbereich zu bringen, ist aber auch für die Erkrankten von nicht zu unterschätzendem Vorteil. Da der Aufenthalt im Isolierzimmer mehrere Wochen dauern kann, wird so ein Spaziergang auf dem Klinikgelände auf direktem Weg ohne vermeidbare Kontakte möglich, was zur Verbesserung der Compliance beiträgt.

4.5.2 Baumaßnahmen in Krankenhäusern

Baumaßnahmen, wie Sanierungs- und Renovierungsarbeiten, können eine Übertragung von Infektionen innerhalb eines Krankenhauses begünstigen [2], z. B. durch Aufhebung von Wegführungen und räumlicher Trennung, oder Abschaltung oder Strömungsumkehr von RLT-Anlagen. Daher sind Baumaßnahmen in Kliniken von Hygienefachpersonal zu begleiten, wie es in den einschlägigen Hygieneverordnungen der Bundesländer verlangt wird. Zur Planung und Durchführung von Baumaßnahmen kann die Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Krankenhaushygiene „Hygiene bei Baumaßnahmen in Krankenhäusern und anderen medizinischen Einrichtungen“ genutzt werden [68].

4.6 Schutzkleidung/Schutzausrüstung

4.6.1 Mund-Nasen- und Atemschutz

Bei Schutzmaßnahmen zur Verminderung des Risikos einer aerogenen Infektion muss zwischen der Abgabe erregerehaltiger Aerosole durch Erkrankte und der Vermeidung einer Inhalation des kontaminierten Aerosols durch Kontaktpersonen wie Personal und Besucher unterschieden werden (► **Tab. 1**).

Zu den in medizinischen Bereichen eingesetzten Schutzmaßnahmen gehören einerseits der chirurgische Mund-Nasen-Schutz (MNS) und andererseits Atemschutzmasken. Der MNS verhindert die Verbreitung von Erregern aus den Atemwegen des Trägers und gilt als Medizinprodukt, für das Leistungsanforderungen mit entsprechenden Prüfverfahren in der DIN EN 14683 festgelegt sind.

Atemschutzmasken schützen den Träger (bspw. medizinisches Personal) zusätzlich vor Aufnahme schädigender Substanzen oder Krankheitserreger aus der Umgebung und wurden für den professionellen Arbeitsschutz entwickelt. Sie werden je nach Rückhaltegrad und Gesamtleckage entsprechend den Anforderungen der DIN EN 149 in 3 definierte Filterklassen eingeteilt (FFP 1–3; FFP: Filtering Face Piece). Entscheidend für die Schutzwirkung ist neben der Dichte des Filtermaterials v. a. die Anpassung an das Gesicht des Trägers und damit der korrekte Sitz. Zur Überprüfung der Anpassung an das Gesicht des Trägers stehen qualitative und quantitative Testmethoden des Dichtsitzes zur Verfügung [69, 70]. Zur Erleichterung der Atmung werden FFP-Masken auch mit Ausatemventil angeboten. Diese dürfen nur von Personal und Besuchern zum Eigenschutz und nicht von an ansteckungsfähiger Tuberkulose erkrankten Personen verwendet werden.

Im Zusammenwirken mit anderen Maßnahmen (rasche Fallfindung, räumliche Isolierung und schnelle Therapie) gelten sowohl MNS als auch FFP-Maske als etablierter Bestandteil des Maßnahmenbündels zur Infektionsprävention bei Tuberkulose.

Patientinnen und Patienten

Während des Aufenthaltes im Isolierzimmer benötigen Patientinnen und Patienten in Abwesenheit anderer Personen keinen MNS. Wenn sich andere Personen mit gut sitzender Atemschutz-

maske (Beschäftigte, Besucher) im Zimmer aufhalten, ist von einer zusätzlichen Sicherheit auszugehen, wenn die erkrankte Person – sofern sie es toleriert – einen MNS trägt. Bei Verlassen des Isolierzimmers (z. B. wegen notwendiger diagnostischer oder therapeutischer Maßnahmen) ist dagegen das Tragen eines MNS immer erforderlich und ausreichend (► **Tab. 1**).

Ein MNS kann solange benutzt werden, wie er in seiner Funktionsfähigkeit (z. B. wegen Durchfeuchtung) nicht beeinträchtigt ist, höchstens aber 8 Stunden. Die Entsorgung der mit Erregern kontaminierten MNS erfolgt nach AS 180103 (UN Nummer 3373) als infektiöser Abfall in geeignete Behälter, die im Patientenzimmer bereitstehen.

Da die Effektivität der Maßnahmen entscheidend von der Kooperation der Patientin oder des Patienten abhängt, wird hier nochmals auf den besonderen Stellenwert der individuellen Aufklärung hingewiesen. Die Hygieneregeln für Husten und Niesen beinhalten Verhaltensmaßnahmen mit dem Ziel, die dabei freigesetzten infektiösen Aerosole zu reduzieren. Sie sollten immer (mit und ohne MNS) angewendet werden und umfassen: niemanden direkt anhusten bzw. anniesen, Husten und Niesen in die Armbeuge bei verbleibendem Atemschutz bzw. ohne MNS, beim Husten und Niesen Mund und Nase mit einem Papiertuch bedecken, das erregerehaltige Material unmittelbar in bereitgestellte Abfallbehälter entsorgen und anschließend die Hände desinfizieren oder waschen.

Medizinisches Personal (Beschäftigte)

Für medizinisches Personal wird in Übereinstimmung mit der TRBA 250 „*Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege*“ [71] generell bei der Versorgung ansteckungsfähiger TB-Patientinnen und -Patienten das Tragen eines Atemschutzes empfohlen, der die Kriterien einer FFP2-Maske nach DINEN 149 erfüllt (► **Tab. 1**). Gleiches gilt für nicht-medizinisches Personal, das sich im Isolierzimmer aufhält (z. B. Reinigungs- oder technisches Personal).

Das Schema der respiratorischen Schutzmaßnahmen ist im Vergleich zu den vorherigen Empfehlungen zur Infektionsprävention aus dem Jahr 2012 nun vereinheitlicht worden [72]. In speziellen Situationen mit potenziell hoher Aerosolexposition muss eine gesonderte Gefährdungsbeurteilung zur Entscheidung über den geeigneten Atemschutz erfolgen, z. B. bei der Bronchoskopie das zusätzliche Tragen von Schutzbrille oder eines Sichtschutzvisiers bzw. einer Elastomer-Atemschutzmaske.

Für medizinisches Personal besteht insbesondere dann eine erhöhte Infektionsgefährdung, wenn eine Exposition gegenüber Aerosolen, die durch eine Patientin oder einen Patienten mit ansteckungsfähiger Erkrankung freigesetzt werden, nicht vermieden werden kann. Davon ist bei längerem und engem Kontakt zur Patientin oder zum Patienten im Rahmen körperlicher Untersuchung, bei Maßnahmen, die mit einer erhöhten Aerosolbildung einhergehen (wie Bronchoskopie, Inhalationstherapie, Hustenprovokation, Sputuminduktion, Respiratorbeatmung), bzw. pflegerischen Maßnahmen an unkooperativen Patientinnen oder Patienten auszugehen. Aerosolbildungen können auch im Rahmen von Autopsien oder in mikrobiologischen Laboratorien entstehen. Hinsichtlich weiterer Details

der Infektionsverhütung in mykobakteriologischen Laboratorien sei an dieser Stelle auf das Kapitel 5.9 verwiesen.

FFP3-Masken, wie sie von einigen Leitlinien bei Kontakt mit MDR/RR-TB-Patientinnen und -Patienten empfohlen werden, können die Gesamtleckage der Masken gegenüber FFP2-Masken zwar um 6% reduzieren; eine höhere Schutzwirkung ist aber nicht belegt [73].

Eine FFP-Maske kann von derselben Person über einen längeren Zeitraum auch in der Versorgung mehrerer Tuberkulosepatientinnen oder -patienten getragen werden, wenn sie nicht beschädigt, verschmutzt oder durchfeuchtet ist. In der benutzungsfreien Zeit können Masken außerhalb des Isolierzimmers, geschützt vor Verschmutzung und Durchfeuchtung, gelagert werden. Experimentell konnte gezeigt werden, dass von Atemschutzmasken i. d. R. kein Infektionsrisiko ausgeht. Sie stellen keine Infektionsquelle für *M. tuberculosis* dar, von dem Erreger wieder in die Luft freigesetzt werden können. Dementsprechend können sie mit dem normalen Krankenhausabfall entsorgt werden [74].

Besucher

Für Besucher wird für den Aufenthalt im Patientenzimmer ebenfalls ein Atemschutz empfohlen, der die Kriterien einer FFP2-Maske nach DINEN 149 erfüllt. Es ist unbedingt notwendig, Besucher in die korrekte Verwendung des Atemschutzes einzuweisen.

4.6.2 Schutzkittel und Schutzhandschuhe

Wenn die Gefahr einer Kontamination mit erregerehaltigem Material besteht, sind – gemäß der Standardhygiene – Schutzkittel und Schutzhandschuhe zu tragen.

Dies ist insbesondere der Fall

- bei engem Kontakt mit einer infektiösen Person, z. B. im Rahmen der Körperpflege oder physiotherapeutischen Maßnahmen,
- bei Gefahr einer Aerosolbildung z. B. bei Bronchoskopien, endotrachealem Absaugen, Sputuminduktion, In- und Extubation.

Für Tätigkeiten mit hoher Wahrscheinlichkeit für eine Kontamination kann ein Einwegkittel verwendet werden, der nach Gebrauch entsorgt wird. Bei geringer Wahrscheinlichkeit einer Kontamination kann ein Mehrwegkittel getragen werden, der nach Benutzung, sofern er nicht kontaminiert wurde, hängend im Vorraum bzw. außerhalb des Patientenzimmers aufbewahrt wird und einmal pro Schicht gewechselt wird. Dieser patientenbezogene Schutzkittel wird über der normalen Dienstkleidung getragen und vor/nach jedem Patientenkontakt an-/ausgezogen. Im Falle einer Kontamination wird der Mehrwegkittel in Wäschesäcken, die im Patientenzimmer bzw. im Vorraum verschlossen werden, entsorgt (s. u.). Bei Verrichtungen ohne direkten Patientenkontakt, bei denen eine Kontamination so gut wie ausgeschlossen ist, ist kein Schutzkittel erforderlich. Auf die Notwendigkeit der hygienischen Händedesinfektion auch bei der Verwendung von Handschuhen wird explizit hingewiesen. Eine Zusammenfassung der Hygienemaßnahmen gibt ► **Tab. 2** wieder.

► **Tab. 2** Maßnahmen zur Prävention der Tuberkuloseübertragung.

Art der Erkrankung	Infektionsweg (infektiöses Material)	räumliche Isolierung	Atemschutz (► Tab. 1)	Schutzkittel	Schutzhandschuhe/Händehygiene	Dauer der Maßnahme
Lungentuberkulose						
ansteckungsfähig	Inhalation erregershaltiger Tröpfchen/Aerosol (z. B. Sputum, Bronchialsekret)	ja	ja	ja, bei Tätigkeit mit möglichem Kontakt zu infektiösem Material	ja, bei Tätigkeit mit möglichem Kontakt zu infektiösem Material	siehe Kap. 4.3
nicht ansteckungsfähig	–	nein	nein	nein	nein	–
extrapulmonale Tuberkulose						
Pleuritis	Erguss	nein	ja, bei Tätigkeit mit möglichem Kontakt zu infektiösem Material	ja, bei Tätigkeit mit möglichem Kontakt zu infektiösem Material	ja, bei Tätigkeit mit möglichem Kontakt zu infektiösem Material	bis zur Genesung
Urogenital-TB	Urin/Prostatasekret/Menstrualblut	nein, aber eigene Toilette*				
Lymphknoten (auch offen)	Sekret/Eiter	nein				
Meningitis	Liquor	nein				
Larynx-TB	Inhalation erregershaltiger Tröpfchen und Partikel	ja	ja			siehe Kap. 4.3
Knochen-TB	–	nein	nein	nein	nein	
* Ausnahme: häuslicher Bereich						

4.7 Desinfektionsmaßnahmen

4.7.1 Flächendesinfektion

Mykobakterien können unter Umständen bis zu 4 Monate auf unbelebten Oberflächen vital bleiben [8,75]. Trotzdem wird eine von kontaminierten Flächen ausgehende aerogene Infektionsgefährdung als sehr gering eingestuft, da sedimentierte Partikel praktisch nicht als lungengängige Tröpfchenkerne erneut in die Luft gelangen können.

Auch eine indirekte Übertragung durch Berührung mit den Händen und anschließende orale Aufnahme erscheint aufgrund der erforderlichen Bakterienmenge für eine Ansteckung wenig wahrscheinlich. Die tägliche Flächendesinfektion im Patientenzimmer ist für häufig berührte und patientennahe Flächen ausreichend. Auch in Funktionsbereichen genügt eine Desinfektion der Kontaktflächen [11,64,75–77]. Die vom Hersteller empfohlene Einwirkzeit muss sowohl nach aktuellen Vorgaben der KRINKO als auch der CDC nicht abgewartet werden, da die Abtötung einem Logarithmus folgt und bereits nach Antrocknung des Desinfektionsmittels die Bakterienlast deutlich reduziert ist. Die Fläche kann nach Abtrocknung wieder genutzt werden [75–77]. Anders verhält es sich bei sichtbarer Kontamination, z. B. durch Sputum, Sekrete oder Blut im Rahmen einer Bronchoskopie. Aufgrund der dann hohen lokalen Bakterienkonzentration ist zunächst wegen Eiweißfixierung der Desinfektionsmittel die Fläche mechanisch zu reinigen, bevor nachfolgend eine tuberkulozide Flächendesinfektionsmittel unter Einhaltung der Einwirkzeit eingesetzt wird. Auch bei Flä-

chen, die für aseptische Tätigkeiten genutzt werden, muss die Einwirkzeit abgewartet werden. Durch Einsatz von Flächendesinfektionsmitteln mit kurzer Einwirkzeit kann, insbesondere in Funktionsbereichen, die Zeit bis zur Wiedernutzung der Flächen deutlich verkürzt werden [63,75–77].

Nach der Entlassung des Patienten wird eine vollständige Elimination aller Tuberkulosebakterien angestrebt. Es erfolgt eine sog. „gezielte Flächendesinfektion“ als Schlussdesinfektion des Patientenzimmers mit einem tuberkuloziden Flächendesinfektionsmittel, wobei die Einwirkzeit einzuhalten ist [63,65,75–77]. Andere Maßnahmen, z. B. der Einsatz von UV-Licht, sind nur additiv einzusetzen [76].

4.7.2 Medizinprodukteaufbereitung

Bei der Aufbereitung der verwendeten Medizinprodukte, z. B. Bronchoskope, sind die Angaben des Herstellers und die Empfehlungen des KRINKO/BfArM „Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten“ zu beachten [78].

4.8 Entsorgung

Mit erregershaltigem Material (Sputum, ggf. Wundsekret) kontaminierte Abfälle sind als **infektiöse Abfälle** gesondert in geeigneten Behältern zu sammeln und nach der Abfallschlüsselnummer AS 180103 der Abfallverzeichnis-Verordnung zu entsorgen (z. B. Papiertaschentücher zum Auffangen von Sputum, Mund-Nasen-Schutz von Patientinnen oder Patienten, Endotrachealtuben, Sputum-Einmal-Becher, Verbandsmaterialien, Einweg-Schutzkittel, Handschuhe) [79].

Dazu sollen die Behälter für infektiösen Abfall im Zimmer bereitstehen. Die Entsorgung erfolgt gemäß den örtlichen Regeln für die Entsorgung von infektiösem Abfall. Äußerlich nicht kontaminierter Atemschutz von Personal und Besuchern gilt i. d. R. nicht als infektiöser Abfall und kann mit dem normalen Krankenhausabfall (AS 180104) entsorgt werden.

Mit erregerhaltigem Material **kontaminierte Wäsche** der Patientin oder Patienten und kontaminierte Schutzkleidung des Personals wird im Patientenzimmer in Wäschesäcke abgegeben. Diese werden im Zimmer verschlossen. Die Wäsche muss in einem chemothermisch desinfizierenden Waschverfahren aufbereitet werden, d. h., dass klinikübliche Waschverfahren ausreichend sind. Eigene Patientenkleidung kann in einer verschlossenen Plastiktüte auf direktem Weg nach Hause mitgenommen werden und sollte dort möglichst bei mindestens 60 °C mit einem handelsüblichen Vollwaschmittel gewaschen werden.

Benutztes **Geschirr** kann in Geschirrspülmaschinen (≥ 60 °C) auf der Station oder in einer entsprechenden zentralen Anlage ohne besonderen Zusatzaufwand zusammen mit anderem Geschirr gereinigt werden. Aus infektionspräventiver Sicht besteht kein Anlass zur Verwendung von Einweggeschirr.

Ausscheidungen (Urin, Stuhl) können ohne vorherige Desinfektion der Kanalisation zugeführt werden, eine Infektionsgefahr für die Öffentlichkeit besteht dadurch nicht. Wie üblich sollen für die Entsorgung von Ausscheidungen/die Aufbereitung von Pflegegeschirr (Steckbecken etc.) Reinigungs- und Desinfektionsgeräte (RDG) zum Einsatz kommen [78].

Auch **Gefäße zum Sammeln von Sputum oder Absauggefäße** können bei entsprechender Eignung maschinell gereinigt und desinfiziert werden [78]. Durch die automatische Entleerung dieser Gefäße in den Maschinen wird im Gegensatz zu manuellem Ausschütten der Aerosolkontakt für das Personal verhindert.

4.9 Funktionsbereiche

4.9.1 Transport

Bei Transporten im Krankenhaus hat die ansteckungsfähige Person mindestens einen Mund-Nasen-Schutz zu tragen [80]. Vor dem Transport sollte sich die Patientin oder der Patient die Hände desinfizieren. Das Personal beachtet die im Kapitel 4.1.4 genannten Regelungen.

4.9.2 Untersuchungsbereiche

Im Funktionsbereich tragen Patientinnen bzw. Patienten mit vermuteter bzw. bestätigter ansteckungsfähiger Lungentuberkulose durchgehend, soweit es die erforderliche Untersuchung zulässt, mindestens einen Mund-Nasen-Schutz. Das Personal beachtet die im Kapitel Personal genannten Regelungen.

Nach durchgeführten Untersuchungen (z. B. EKG, Radiologie, Bronchoskopie) ist eine Desinfektion mit einem *M.-tuberculosis*-inaktivierenden Flächendesinfektionsmittel ohne Einhaltung der Einwirkzeit für die Kontaktflächen durchzuführen.

Der Untersuchungsraum kann nach Antrocknung des Flächendesinfektionsmittels wieder genutzt werden [76].

Bei sichtbarer Ausbringung von erregerhaltigem Material, z. B. Sputum, ist die Verunreinigung zunächst mechanisch zu entfernen (kein Einsatz von Desinfektionsmitteln wegen Eiweißfixierung) und anschließend eine gezielte Desinfektion mit einem Mykobakterien-wirksamen Flächendesinfektionsmittel gemäß VAH-Listung unter Einhaltung der Einwirkzeit notwendig [65, 76, 77, 81].

4.9.3 Tuberkulose im Operationssaal

Bei Patientinnen oder Patienten mit ansteckungsfähiger Lungentuberkulose im OP sollte folgendermaßen verfahren werden: Die Patientin oder der Patient trägt bis zur Intubation einen MNS. Wird nicht intubiert, wird der MNS weiter getragen, ggf. ist dieser bei Durchfeuchtung zu wechseln. Wenn die Patientin oder der Patient Sauerstoff benötigt, sollte diese über eine Sauerstoffmaske statt einer Nasenbrille erfolgen. Die intubierte Person wird im OP-Saal extubiert und erhält dann wieder eine MNS, soweit dieser toleriert wird.

Das Personal trägt während der gesamten Zeit eine FFP2-Maske. Während der Operation sollten die OP-Türen möglichst geschlossen gehalten werden, die Raumluftechnik muss auf Unterdruck umgestellt werden und, nachdem die Patientin oder der Patient den OP verlassen hat, sollte die Ausgleichszeit abgewartet werden (je nach technischer Anlage maximal 20 Minuten), bevor im Saal weitergearbeitet und gereinigt wird. Am Narkosebeatmungsgerät ist der Atemfilter zu wechseln, die Kreisteile müssen nicht getauscht werden. Beatmungsschläuche müssen bei potenzieller äußerer Verschmutzung ebenfalls getauscht werden. Für die Flächendesinfektion gilt das unter Kapitel 4.7.3.1 Gesagte analog [65, 71, 76, 82].

4.9.4 Tuberkulose in der Pathologie

Die hauptsächlichsten Infektionsquellen sind tuberkulosehaltige Aerosole oder Gewebersprengungen, die z. B. beim Abspülen und Aufschneiden von Organen oder der Reinigung von Werkzeug und beim Sägen von Knochen entstehen können. Hier geht insbesondere von unerkannter Tuberkulose eine Infektionsgefährdung aus und die oben beschriebene persönliche Schutzausrüstung mit FFP2-Maske ist zu tragen [71, 83].

5 Maßnahmen in speziellen Situationen und Bereichen

5.1 Ambulanter medizinischer Bereich (Praxen)

Wenn Patientinnen und Patienten mit Tuberkuloseverdacht ambulant diagnostiziert oder nach Bestätigung einer ansteckungsfähigen Tuberkulose dort behandelt werden, gelten dieselben Anforderungen wie bei einem stationärem Aufenthalt.

Neben der etablierten Standardhygiene sollten gezielte organisatorische Maßnahmen und Verhaltensmaßgaben zur Reduktion möglicher Übertragungen beitragen. So sollten Patientinnen und Patienten mit Tuberkuloseverdacht oder bereits bestätigter ansteckungsfähiger Tuberkulose zu Beginn oder am Ende der ärztlichen Sprechstunde einbestellt werden und sich zudem

in einen separaten Raum begeben, um den Kontakt zu anderen Personen zu minimieren. Krankheitsverdächtige bzw. erkrankte Personen sollten bei Betreten der Praxisräume einen Mund-Nasen-Schutz tragen und angehalten werden, Hygieneregeln für Husten und Niesen einzuhalten (Husten und Niesen in die Armbeuge bei verbleibendem Atemschutz).

Das Praxispersonal muss vor Hustenstößen krankheitsverdächtiger bzw. infektiös erkrankter Personen geschützt werden und eine Atemschutzmaske der Klasse FFP2 tragen, welche die Kriterien nach DIN EN 149 erfüllt [71]. Bei Kontaminationsgefahr mit potenziell infektiösen Körpersekreten sind Schutzhandschuhe und Schutzkittel zu tragen [71, 78]. Kontaminierte Flächen sind desinfizierend zu reinigen [71, 78], die Aufbereitung von Medizinprodukten erfolgt analog der Aufbereitung im Krankenhaus nach den Vorgaben des Medizinprodukterechts (MDR) und Medizinprodukte-Durchführungsgesetzes (MPDG).

Wird bei Patientinnen und Patienten, bei denen zunächst kein Verdacht auf Tuberkulose bestand, erst im Rahmen der weiteren Diagnostik eine ansteckungsfähige Tuberkulose festgestellt, ist das Gesundheitsamt unverzüglich zu informieren und nach Absprache ggf. (z. B. bei intensiver Exposition besonders tuberkulosegefährdeter Personen) eine Kontaktpersonenliste für zurückliegende Praxisaufenthalte zu erstellen [14]. Sofern von der erkrankten Person Tuberkulosebakterien ausgeschlossen werden, besteht i. d. R. nur für enge Kontaktpersonen ein relevantes Infektionsrisiko und dies ist am höchsten im Zeitraum vor der Diagnosestellung und vor dem Beginn einer Therapie [14]. Desinfektionsmaßnahmen im Nachhinein für zurückliegende Praxisaufenthalte sind in aller Regel nicht erforderlich.

5.2 Häuslicher Bereich

Informationen zu den Voraussetzungen und zur Aufklärung vor häuslicher Isolierung finden sich in Kapitel 4.2.3 und 3.3. Tuberkulose wird in aller Regel aerogen übertragen (siehe Kapitel 2.3). Für andere im Haushalt lebende Personen gelten während des infektiösen Zeitraums die gleichen Empfehlungen wie für Besucher im Krankenhaus (siehe Kapitel 4.2.4, 4.2.5 und 4.6.1).

Infektiöses Sputum kann über die Toilette bzw. mit einem Einwegtaschentuch aufgenommen und in einem geschlossenen Müllsack über den Hausmüll entsorgt werden (siehe Kapitel 4.8). Eine eigene Toilette ist auch bei Urogenitaltuberkulose nicht erforderlich.

5.2.1 Desinfektionsmaßnahmen im häuslichen Bereich

Das Infektionsrisiko durch potenziell kontaminierte Oberflächen wird als sehr gering eingeschätzt (siehe 4.7.1). Bei Diagnose einer ansteckungsfähigen Lungentuberkulose können in bestimmten Wohnsituationen (Kleinkinder und andere besonders vulnerable Kontaktpersonen, z. B. Immunsupprimierte in der Wohngemeinschaft) jedoch individuelle Desinfektionsmaßnahmen im Haushalt der erkrankten Person angebracht sein. In seltenen begründeten Einzelfällen kann eine Wischdesinfektion von glatten Oberflächen mit einem tuberkuloziden Desinfektionsmittel erforderlich sein. Hierzu ist die Rücksprache mit dem zuständigen Gesundheitsamt angeraten, welches zu einem

auf die Wohnverhältnisse angepassten Hygienekonzept beraten kann.

5.3 Krankentransportdienst

Patientinnen und Patienten mit ansteckungsfähiger und vermuteter Lungentuberkulose sollten während des Transports im Krankenwagen einen Mund-Nasen-Schutz tragen [80]. Für das unmittelbar betreuende Sanitätspersonal ist entsprechend der Vorgaben des Arbeitsschutzes ein Atemschutz, der die Kriterien einer FFP2-Maske nach DIN EN 149 erfüllt, erforderlich [71].

Mit erregerehaltigem Material kontaminierte Flächen müssen gezielt wischdesinfiziert werden. Im Falle einer großflächigen Kontamination durch eine stark hustende Person ohne Mund-Nasen-Schutz ist im Anschluss an den Transport eine Wischdesinfektion aller möglichen Kontaktflächen mit einem geeigneten Flächendesinfektionsmittel mit nachgewiesener tuberkulozider Wirksamkeit vorzunehmen. Darüber hinausgehende Desinfektionsmaßnahmen des Transportfahrzeuges sind i. d. R. nicht erforderlich. Eine Lüftung des Fahrzeugs ist nach dem Transport durchzuführen, grundsätzlich reichen Maßnahmen der Standardhygiene aus.

5.4 Pflegeeinrichtungen und teilstationäre Einrichtungen

Besondere Beachtung verdient die Lungentuberkulose in Altenpflegeeinrichtungen, da eine Tuberkulose im Alter (ab ca. 60 Jahren) etwas häufiger vorkommt [3]. Bedingt durch die Beeinträchtigung insbesondere der zellulären Immunität im höheren Lebensalter, dem Vorliegen weiterer Grunderkrankungen und Behandlungen, Unterernährung, gemeinsamer Benutzung der Einrichtungsräumlichkeiten („enger Raum“) und andere Faktoren gehören die meist älteren Bewohnerinnen und Bewohner von Pflegeheimen zu einer Population mit erhöhtem Risiko für eine Tuberkulose [84, 85]. Im Allgemeinen tritt im Seniorenalter die Tuberkulose in Form einer Reaktivierung einer früher akquirierten Infektion auf, aber auch exogene (Re-)Infektionen sind möglich. Daher haben gemäß § 35 (5) IfSG Personen, die in stationäre und teilstationäre Pflegeeinrichtungen aufgenommen werden sollen, ein ärztliches Zeugnis darüber vorzulegen, dass bei ihnen keine Anhaltspunkte für das Vorliegen einer ansteckungsfähigen Lungentuberkulose vorhanden sind. Auch bei eingangs unauffälligen Befunden sollte eine Tuberkulose bei Auftreten entsprechender Symptome differenzialdiagnostisch immer berücksichtigt werden.

Beim Auftreten von Tuberkulose in einer Pflegeeinrichtung müssen notwendige Umgebungsuntersuchungen in Absprache mit dem zuständigen Gesundheitsamt erfolgen [14]. Nach § 35 (1) IfSG müssen die Pflegeeinrichtungen in einrichtungsspezifischen Hygieneplänen innerbetriebliche Verfahrensweisen zur Infektionshygiene festlegen. Je nach klinischer Symptomatik entscheidet das Gesundheitsamt in Zusammenarbeit mit der behandelnden Ärztin/dem behandelnden Arzt, ob zusätzliche Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen erforderlich sind, die über die regulären Maßnahmen der Standardhygiene hinausgehen. Weitere Informationen zu Hygienemaßnahmen finden sich in den Empfehlungen der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention [86, 87].

5.5 Gemeinschaftseinrichtungen

In den §§ 33 und 36 IfSG wird definiert, welche Einrichtungen zu den Gemeinschaftseinrichtungen zählen. Bei Verdacht auf eine ansteckungsfähige Tuberkulose in Gemeinschaftseinrichtungen muss eine sofortige Überweisung zur Diagnosesicherung und weiteren Versorgung erfolgen. Im Falle einer behandlungsbedürftigen Tuberkulose hat die Meldung nach § 6 IfSG an das Gesundheitsamt zu erfolgen (siehe Kapitel 2.7). Je nach Befundkonstellation entscheidet das zuständige Gesundheitsamt (unter Einbeziehung der/des behandelnden Ärztin/behandelnden Arztes und für die Einrichtung zuständiger Arbeits- bzw. Betriebsmediziner), ob in der betroffenen Gemeinschaftseinrichtung weitere Maßnahmen, z. B. Umgebungsuntersuchungen [14] und besondere Reinigungs- bzw. Desinfektionsmaßnahmen, erforderlich sind. Die zuständige Behörde trifft ihre Entscheidung nach §§ 16–17 IfSG.

5.5.1 Bildungs- und Betreuungseinrichtungen

Gemäß § 33 zählen hierzu Einrichtungen wie z. B. Kinderkrippen, Kindergärten, Kindertagesstätten, Kinderhorte, Schulen oder sonstige Ausbildungseinrichtungen, Heime, Ferienlager und ähnliche Einrichtungen, in denen überwiegend Säuglinge, Kinder oder Jugendliche betreut werden. In § 36 werden Gemeinschaftseinrichtungen für Erwachsene aufgeführt, für die der Ausschluss einer ansteckungsfähigen Tuberkulose von Bedeutung ist und gemäß § 36 Abs. 4 IfSG auch gefordert wird (siehe 5.5.2).

Nach § 34 IfSG dürfen Personen mit einer ansteckungsfähigen Lungentuberkulose Gemeinschaftseinrichtungen im Sinne des § 33 IfSG so lange nicht betreten, bis nach ärztlichem Urteil eine Weiterverbreitung der Krankheit durch sie nicht mehr zu befürchten ist. Insbesondere in Einrichtungen zur Betreuung von Säuglingen und Kleinkindern wird regelmäßig die Frage aufgeworfen, ob Maßnahmen erforderlich sind, die über die Standardhygiene hinausgehen. Aufgrund der meist paucibacillären (erregerarmen) Erkrankungsformen im jungen Kindesalter und des respiratorischen Hauptübertragungswegs der Tuberkulose [88] (siehe Kapitel 2.3 und 2.4) sind hier i. d. R. keine intensivierten Reinigungs- oder Desinfektionsmaßnahmen erforderlich, welche über die empfohlenen Maßnahmen der Standardhygiene hinaus gehen. Bei besonderen Fragestellungen wird eine Rücksprache mit Hygienefachpersonal und dem Gesundheitsamt empfohlen.

5.5.2 Gemeinschaftseinrichtungen nach § 36 Abs. 1

Im IfSG sind in § 36 Abs. 1 verschiedene Einrichtungen aufgeführt, in denen Menschen aus unterschiedlichen Gründen über einen längeren Zeitraum zusammenleben. Hierzu zählen Obdachlosenunterkünfte, Einrichtungen zur gemeinschaftlichen Unterbringung von Asylbewerbern, vollziehbar Ausreisepflichtigen, Flüchtlingen und Spätaussiedlern, sonstige Massenunterkünfte und Justizvollzugsanstalten.

In diesen Gemeinschaftsunterkünften können Menschen aufeinandertreffen, deren Herkunftsländer Tuberkuloseinzidenzen aufweisen, die oft höher sind als in Deutschland [3]. Gemäß § 36 (4) IfSG haben Personen, die in eine Obdachlosen-

unterkunft oder Einrichtungen zur gemeinschaftlichen Unterbringung von Asylbewerbern, vollziehbar Ausreisepflichtigen, Flüchtlingen und Spätaussiedlern aufgenommen werden sollen, vor oder unverzüglich nach ihrer Aufnahme ein ärztliches Zeugnis darüber vorzulegen, dass keine Anhaltspunkte für das Vorliegen einer ansteckungsfähigen Lungentuberkulose vorhanden sind. Dies gilt nicht für Obdachlose, die weniger als 3 Tage in eine Einrichtung aufgenommen werden. In Justizvollzugsanstalten ist eine Untersuchung nicht gesetzlich verpflichtend vorgegeben, aber auch hier besteht im Fall der ärztlichen Untersuchung einschließlich Thorax-Röntgenuntersuchung als Screening nach § 36 Abs. 4 IfSG Duldungspflicht.

Diese aktiven Fallfindungsmaßnahmen minimieren das Risiko, dass Tuberkulose auf andere Bewohner und Bewohnerinnen oder Betreuungspersonal übertragen wird (siehe Kapitel 3.3).

Da sich im Verlauf des Aufenthalts eine latente tuberkulöse Infektion (LTBI) zu einer behandlungsbedürftigen Tuberkulose weiterentwickeln kann [3], ist bei entsprechenden Beschwerden auch zu einem späteren Zeitpunkt differenzialdiagnostisch immer eine Tuberkulose in Erwägung zu ziehen. Daher sind Information und Aufklärung sowie die medizinische Anbindung der Personen essenziell.

Wurde im Rahmen der aktiven Fallsuche eine Tuberkulose identifiziert, ist unverzüglich das zuständige Gesundheitsamt zu informieren, damit neben der adäquaten Behandlung auch Umgebungsuntersuchungen zügig eingeleitet werden und ggf. eine präventive Therapie erfolgt [4, 14, 41, 89]. Für Justizvollzugsanstalten ist die Sorge für die Gesundheit von Gefangenen zudem im Strafvollzugsgesetz (StVollzG) geregelt [90]. Nach §§ 56–63 StVollzG sind die Anstalten hierzu verpflichtet und die Gefangenen haben „die notwendigen Maßnahmen zum Gesundheitsschutz und zur Hygiene zu unterstützen“. Dies trifft sowohl für die Tuberkulose als auch für andere Erkrankungen zu. Insbesondere vor deutschlandweiten Überführungen von Gefangenen, die i. d. R. über mehrere Haftanstalten mit gemeinschaftlicher Unterbringung erfolgen, sollte eine behandlungsbedürftige Tuberkulose ausgeschlossen werden.

Aufgrund des respiratorischen Hauptübertragungswegs der Tuberkulose sind hier i. d. R. keine Desinfektionsmaßnahmen erforderlich, welche über die empfohlenen Maßnahmen der Standardhygiene hinausgehen. Im Einzelfall (z. B. angenommene großflächige Erregerkontamination) können in Abstimmung mit dem Gesundheitsamt gezielte Reinigungs- bzw. Desinfektionsmaßnahmen festgelegt werden. Auf eine gute Lüftung der Räumlichkeiten ist zu achten.

Es ist für die jeweiligen Einrichtungen grundsätzlich empfehlenswert, die regelmäßig vom Gesundheitsamt durchgeführten Vor-Ort-Begehungen zur Hygiene zu nutzen, um im Vorfeld zu besprechen, wie im Bedarfsfall zu verfahren ist. Die besprochenen Abläufe können im Hygieneplan hinterlegt werden, sodass eine rasche Festlegung von Erstmaßnahmen für die Einrichtung jederzeit möglich ist.

5.6 Labor

Laborarbeiten, wie das Verarbeiten von Patientenproben oder das Handling von Kulturen mit Tuberkulosebakterien, werden als erhöhtes Infektionsrisiko für das Personal eingeschätzt [91]. Es sind hier v. a. die aerosolerzeugenden Prozesse, wie das Öffnen und Entleeren von Probengefäßen, das Mischen, Pipettieren oder Verimpfen von Patientenproben, aber auch unbeabsichtigte Kontaminationen (zerbrochene Gefäße, verschüttetes Material), die eine Infektionsgefahr für das Personal darstellen.

Mit der Biostoffverordnung [92] und ihren Umsetzungsanweisungen (TRBA [93]) sind Labore verpflichtet, Schutzmaßnahmen baulich-technischer, organisatorischer und persönlicher Art umzusetzen, um die Gefährdung des Personals durch Infektionserreger zu vermeiden bzw. zu minimieren. Dazu gehören v. a. Sicherheitswerkbänke, aber auch z. B. die Einschränkung von Arbeiten mit spitzen oder scharfen Gegenständen oder die Beschränkung von Arbeiten auf speziell ausgestattete Laboratorien.

Es gibt nur sehr wenige aktuelle Studien, die das TB-Risiko von Laborpersonal in Niedriginzidenzländern untersuchen. In einem systematischen Review mit Metaanalyse konnte kein erhöhtes TB-Risiko für Laborpersonal gezeigt werden [94]. Bei Einhalten aller Schutzmaßnahmen für Laboratorien kann das TB-Infektionsrisiko für das Personal als sehr gering bewertet werden.

Danksagungen

Wir danken Frau Cornelia Breuer (Amt für Gesundheit und Prävention der Landeshauptstadt Dresden) für die Durchsicht des Manuskripts und ihre sehr hilfreichen Kommentare, Frau Lena Staroske (DZK) für das Korrekturlesen und die redaktionelle Unterstützung. Besonderen Dank gilt Frau Christine Trost (DZK) für die Leitlinienkoordination und -organisation.

Interessenkonflikt

Inna Friesen: Institutionelle Förderung durch Bruker/Hain Lifescience und INSTAND, Vortragshonorar durch GSK.

Martin Kuhns: Institutionelle Förderung durch Bruker/Hain Lifescience und INSTAND.

Roland Diel: Honorare und/oder Reisekostenunterstützung für Vorträge bei Veranstaltungen, die von Hain Lifescience, Insmmed, Mikrogen, Oxford Immunotec oder Qiagen gesponsert wurden.

Ralf Otto-Knapp: Vortragshonorar durch MSD.

Literatur

- [1] World Health Organisation. Global Tuberculosis Reports 2022. Geneva: World Health Organization; 2022: Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- [2] European Centre for Disease Prevention and Control, WHO Regional Office for Europe. Tuberculosis surveillance and monitoring in Europe 2023–2021 data. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control and Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2023
- [3] Brodhun B, Altmann D, Hauer B et al. Berichte zur Epidemiologie der Tuberkulose in Deutschland für 2021. Robert Koch-Institut; 2022: doi:10.25646/10144
- [4] Schaberg T, Brinkmann F, Feiterna-Sperling C et al. [Tuberculosis in adulthood – The Sk2-Guideline of the German Central Committee against Tuberculosis (DZK) and the German Respiratory Society (DGP) for the diagnosis and treatment of adult tuberculosis patients]. *Pneumologie* 2022; 76: 727–819 doi:10.1055/a-1934-8303
- [5] Yeboah-Manu D, de Jong BC, Gehre F. The Biology and Epidemiology of *Mycobacterium africanum*. *Adv Exp Med Biol* 2017; 1019: 117–133 doi:10.1007/978-3-319-64371-7_6
- [6] Prodingler WM, Eigentler A, Allerberger F et al. Infection of red deer, cattle, and humans with *Mycobacterium bovis* subsp. *caprae* in western Austria. *J Clin Microbiol* 2002; 40: 2270–2272 doi:10.1128/JCM.40.6.2270-2272.2002
- [7] Thomas J, Balseiro A, Gortázar C et al. Diagnosis of tuberculosis in wildlife: a systematic review. *Vet Res* 2021; 52: 31 doi:10.1186/s13567-020-00881-y
- [8] Kramer A, Schwebke I, Kampf G. How long do nosocomial pathogens persist on inanimate surfaces? A systematic review. *BMC Infect Dis* 2006; 6: 130 doi:10.1186/1471-2334-6-130
- [9] Keijman J, Tjhie J, Olde Damink S et al. Unusual nosocomial transmission of *Mycobacterium tuberculosis*. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 2001; 20: 808–809 doi:10.1007/s100960100606
- [10] Hutton MD, Stead WW, Cauthen GM et al. Nosocomial transmission of tuberculosis associated with a draining abscess. *J Infect Dis* 1990; 161: 286–295 doi:10.1093/infdis/161.2.286
- [11] KRINKO. Infektionsprävention im Rahmen der Pflege und Behandlung von Patienten mit übertragbaren Krankheiten. Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 2015; 58: 1151–1170 doi:10.1007/s00103-015-2234-2
- [12] Kramer F, Sasse SA, Simms JC et al. Primary cutaneous tuberculosis after a needlestick injury from a patient with AIDS and undiagnosed tuberculosis. *Ann Intern Med* 1993; 119: 594–595 doi:10.7326/0003-4819-119-7_part_1-199310010-00007
- [13] Köhler H. Übertragung einer Tuberkulose auf dem Urogenitalwege. *Zeitschrift für Urologie* 1973; 66: 207–209
- [14] Diel R, Breuer C, Bös L et al. Empfehlungen für die Umgebungsuntersuchungen bei Tuberkulose – Update 2023. *Pneumologie* 2023; 77: 607–631 doi:10.1055/a-2107-2147
- [15] Migliori GB, D’Ambrosio L, Centis R. Guiding Principles to Reduce Tuberculosis Transmission in the WHO European Region. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2018
- [16] Riley RL. The contagiousness of tuberculosis. *Schweiz Med Wochenschr* 1983; 113: 75–79
- [17] Sepkowitz KA. How contagious is tuberculosis? *Clin Infect Dis* 1996; 23: 954–962 doi:10.1093/clinids/23.5.954
- [18] Behr MA, Warren SA, Salamon H et al. Transmission of *Mycobacterium tuberculosis* from patients smear-negative for acid-fast bacilli. *Lancet* 1999; 353: 444–449 doi:10.1016/s0140-6736(98)03406-0
- [19] Bennett DE, Onorato IM, Ellis BA et al. DNA fingerprinting of *Mycobacterium tuberculosis* isolates from epidemiologically linked case pairs. *Emerg Infect Dis* 2002; 8: 1224–1229 doi:10.3201/eid0811.020420
- [20] Hernández-Garduño E, Cook V, Kunimoto D et al. Transmission of tuberculosis from smear negative patients: a molecular epidemiology study. *Thorax* 2004; 59: 286–290 doi:10.1136/thx.2003.011759
- [21] Hermes L, Kersten JF, Nienhaus A et al. Risk Analysis of Latent Tuberculosis Infection among Health Workers Compared to Employees in Other Sectors. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17: 4643 doi:10.3390/ijerph17134643
- [22] Uden L, Barber E, Ford N et al. Risk of Tuberculosis Infection and Disease for Health Care Workers: An Updated Meta-Analysis. *Open Forum Infect Dis* 2017; 4: ofx137 doi:10.1093/ofid/ofx137

- [23] Nienhaus A, Brandenburg S, Teschler H Hrsg. Tuberkulose als Berufskrankheit. Ein Leitfaden zur Begutachtung und Vorsorge. 4. aktualisierte Auflage Landsberg: Ecomed Medizin; 2017
- [24] Amtsblatt der Europäischen Union. Durchführungsverordnung (EU) 2021/60 der Kommission vom 15. April 2021
- [25] Barth SA. Friedrich-Loeffler-Institut. Tuberkulose der Rinder – Bovine Tuberculosis. In: Friedrich-Loeffler-Institut, Hrsg. Tiergesundheitsjahresbericht 2020. Bd. 21. Greifswald – Insel Riems: Friedrich-Loeffler-Inst; 2021: 102–107
- [26] Müller B, Dürr S, Alonso S et al. Zoonotic Mycobacterium bovis-induced tuberculosis in humans. *Emerg Infect Dis* 2013; 19: 899–908 doi:10.3201/eid1906.120543
- [27] Pesciaroli M, Alvarez J, Boniotti MB et al. Tuberculosis in domestic animal species. *Res Vet Sci* 2014; 97 Suppl: S78–S85 doi:10.1016/j.rvsc.2014.05.015
- [28] Une Y, Mori T. Tuberculosis as a zoonosis from a veterinary perspective. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis* 2007; 30: 415–425 doi:10.1016/j.cimid.2007.05.002
- [29] Schmidt V, Schneider S, Schlomer J et al. Transmission of tuberculosis between men and pet birds: a case report. *Avian Pathol* 2008; 37: 589–592 doi:10.1080/03079450802428901
- [30] Zimmermann B, Neßler A, Pöhle D. Tuberkuloseerkrankung: Umgebungsuntersuchung nur beim Menschen? Landesuntersuchungsanstalt (LUA) für das Gesundheits- und Veterinärwesen, Freistaat Sachsen. LUA-Mitteilungen 01/2011
- [31] Barth SA, Menge C, Hillemann D et al. Tuberculosis in a pet ferret (*Mustela putorius furo*). *Tierarztl Prax Ausg K Kleintiere Heimtiere* 2020; 48: 50–55 doi:10.1055/a-1069-6630
- [32] Attig F, Barth SA, Kohlbach M et al. Unusual Manifestation of a Mycobacterium bovis SB0950 Infection in a Domestic Cat. *J Comp Pathol* 2019; 172: 1–4 doi:10.1016/j.jcpa.2019.07.006
- [33] § 35 TierGesG Tiergesundheitsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2018. Bundesgesetzblatt; S.1938; zuletzt geändert durch Artikel 104 des Gesetzes vom 10. August 2021 (Bundesgesetzblatt I S. 3436)
- [34] § 1, Abs 36, TierSeuchAnzV Verordnung über anzeigepflichtige Tierseuchen in der Fassung der Bekanntmachung vom 19. Juli 2011. Bundesgesetzblatt I S. 1404; zuletzt geändert durch Artikel 4 der Verordnung vom 31. März 2020 (Bundesgesetzblatt I S. 752)
- [35] Durchführungsverordnung (EU) 2018/1882 der Kommission vom 3. Dezember 2018 über die Anwendung bestimmter Bestimmungen zur Seuchenprävention und -bekämpfung auf Kategorien gelisteter Seuchen und zur Erstellung einer Liste von Arten und Artengruppen, die ein erhebliches Risiko für die Ausbreitung dieser gelisteten Seuchen darstellen
- [36] § 2 RindTbV Verordnung gegen die Tuberkulose des Rindes, Tuberkulose-Verordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. Juli 2013 (Bundesgesetzblatt I S. 2445, I S. 47), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 17. Mai 2017 (Bundesgesetzblatt I S. 1253)
- [37] § 1, Absatz 1, TKrMeldpflV Verordnung über meldepflichtige Tierkrankheiten in der Fassung der Bekanntmachung vom 11. Februar 2011. Bundesgesetzblatt I S. 252; zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 8. Juli 2020 (Bundesgesetzblatt I S. 1604)
- [38] Diel R, Loddenkemper R, Niemann S et al. Negative and positive predictive value of a whole-blood interferon- γ release assay for developing active tuberculosis: an update. *Am J Respir Crit Care Med* 2011; 183: 88–95 doi:10.1164/rccm.201006-0974OC
- [39] Marais BJ, Gie RP, Schaaf HS et al. Childhood pulmonary tuberculosis: old wisdom and new challenges. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 173: 1078–1090 doi:10.1164/rccm.200511-1809SO
- [40] World Health Organization. WHO consolidated guidelines on tuberculosis. Module 1: prevention – tuberculosis preventive treatment. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Geneva: World Health Organization; 2020
- [41] Feiterna-Sperling C, Brinkmann F, Adamczick C et al. S2k-Leitlinie zur Diagnostik, Prävention und Therapie der Tuberkulose im Kindes- und Jugendalter. *Pneumologie* 2017; 71: 629–680 doi:10.1055/s-0043-116545
- [42] World Health Organization. WHO consolidated guidelines on tuberculosis. Module 3: diagnosis – rapid diagnostics for tuberculosis detection. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Geneva: World Health Organization; 2020
- [43] Diel R, Goletti D, Ferrara G et al. Interferon- γ release assays for the diagnosis of latent Mycobacterium tuberculosis infection: a systematic review and meta-analysis. *Eur Respir J* 2011; 37: 88–99 doi:10.1183/09031936.00115110
- [44] Diel R, Loddenkemper R, Nienhaus A. Evidence-based comparison of commercial interferon-gamma release assays for detecting active TB: a metaanalysis. *Chest* 2010; 137: 952–968 doi:10.1378/chest.09-2350
- [45] Sester M, Sotgiu G, Lange C et al. Interferon- γ release assays for the diagnosis of active tuberculosis: a systematic review and meta-analysis. *Eur Respir J* 2011; 37: 100–111 doi:10.1183/09031936.00114810
- [46] Bundesministerium der Justiz. Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (IfSG)
- [47] Forßbohm MLG, Königstein B Hrsg. Handbuch Tuberkulose für Fachkräfte an Gesundheitsämtern. Düsseldorf: Akademie für öffentliches Gesundheitswesen; 2009
- [48] Rote Hand Brief – Bacillus Calmette-Guérin, BCG-medac. 2020
- [49] World Health Organization. BCG vaccine: WHO position paper, February 2018 – Recommendations. *Vaccine* 2018; 36: 3408–3410 doi:10.1016/j.vaccine.2018.03.009
- [50] Trunz BB, Fine P, Dye C. Effect of BCG vaccination on childhood tuberculous meningitis and miliary tuberculosis worldwide: a meta-analysis and assessment of cost-effectiveness. *Lancet* 2006; 367: 1173–1180 doi:10.1016/S0140-6736(06)68507-3
- [51] Lönnroth K, Migliori GB, Abubakar I et al. Towards tuberculosis elimination: an action framework for low-incidence countries. *Eur Respir J* 2015; 45: 928–952 doi:10.1183/09031936.00214014
- [52] World Health Organization. Hrsg. WHO guidelines on tuberculosis infection prevention and control, 2019 update. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Geneva: World Health Organization; 2019
- [53] Wischniewski N, Mielke M. Prävention der nosokomialen Übertragung der Tuberkulose – Übersicht über verschiedene nationale Empfehlungen. *Hyg Med* 2006; 31: 84–92 doi:10.25646/912
- [54] National TB Controllers Association (NTCA), Association of Public Health Laboratories (APHL). Consensus Statement on the Use of Cepheid Xpert MTB/RIF Assay in Making Decisions to Discontinue Airborne Infection Isolation in Healthcare Settings. 2016
- [55] Schoch O, Barben J, Berger C et al. Tuberkulose in der Schweiz – Leitfaden für Fachpersonen des Gesundheitswesens. Bern: Lungenliga Schweiz, Bundesamt für Gesundheit (Hrsg.); 2019
- [56] National Institute for Health and Care Excellence. Tuberculosis: Prevention, Diagnosis, Management and Service Organisation (NICE Guideline, No. 33.) Update 2019. In. 2016 ed: National Institute for Health and Care Excellence 2019
- [57] Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Chapter 6 – Tuberculosis Infection Control. In: Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Core Curriculum on Tuberculosis: What the Clinician Should Know
- [58] Grandjean L, Gilman RH, Martin L et al. Transmission of Multidrug-Resistant and Drug-Susceptible Tuberculosis within Households: A Prospective Cohort Study. *PLoS Med* 2015; 12: e1001843 doi:10.1371/journal.pmed.1001843

- [59] Fitzwater SP, Cavedes L, Gilman RH et al. Prolonged infectiousness of tuberculosis patients in a directly observed therapy short-course program with standardized therapy. *Clin Infect Dis* 2010; 51: 371–378 doi:10.1086/655127
- [60] Nathavitharana RR, Mishra H, Sullivan A et al. Predicting Airborne Infection Risk: Association Between Personal Ambient Carbon Dioxide Level Monitoring and Incidence of Tuberculosis Infection in South African Health Workers. *Clin Infect Dis* 2022; 75: 1297–1306 doi:10.1093/cid/ciac183
- [61] Rudnick SN, First MW. Fundamental factors affecting upper-room ultraviolet germicidal irradiation – part II. Predicting effectiveness. *J Occup Environ Hyg* 2007; 4: 352–362 doi:10.1080/15459620701298167
- [62] Jost M, Merz B, Rügger M. Tuberkulose am Arbeitsplatz. Gefährdung und Prävention. 3. vollst. überarbeitete Auflage Luzern, Schweiz: 2010
- [63] Diel R, Nienhaus A, Witte P et al. Protection of healthcare workers against transmission of *Mycobacterium tuberculosis* in hospitals: a review of the evidence. *ERJ Open Res* 2020; 6 doi:10.1183/23120541.00317-2019
- [64] Jensen PA, Lambert LA, Iademarco MF et al. Guidelines for preventing the transmission of *Mycobacterium tuberculosis* in health-care settings, 2005. *MMWR Recomm Rep* 2005; 54: 1–141
- [65] Schulz-Stübner S. Tuberkulose. In: *Krankenhaushygiene, hygienebeauftragter Arzt und ABS-beauftragter Arzt*. Springer; 2017: 341–346
- [66] Dettkenkofer R, Frank U, Just H et al. Praktische Krankenhaushygiene und Umweltschutz. 2018: doi:10.1007/978-3-642-40600-3_3
- [67] Witte P. Tuberkulose und Hygiene – alter Wein in neuen Schläuchen? *Internistische Praxis* 2022; 65: 360–367
- [68] Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene. Leitlinie Hygiene bei Baumaßnahmen in Krankenhäusern und anderen medizinischen Einrichtungen. *Hygiene & Medizin*; 2022; 47
- [69] Coffey CC, Lawrence RB, Zhuang Z et al. Comparison of five methods for fit-testing N95 filtering-facepiece respirators. *Appl Occup Environ Hyg* 2002; 17: 723–730 doi:10.1080/10473220290107002
- [70] Sticher S. Individuell angepasster Atemschutz. *Sicherheitsingenieur* 2011; 6: 28–30
- [71] TRBA 250 Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe – ABAS – GMBI. 2014 Nr. 10/11 vom 27. März 2014, 4. Änderung vom 2.5.2018, GMBI Nr. 15
- [72] Ziegler R, Just HM, Castell S et al. [Tuberculosis infection control – recommendations of the DZK]. *Pneumologie* 2012; 66: 269–282 doi:10.1055/s-0032-1306680
- [73] Schaberg T, Hauer B, Lodenkemper R et al. [Recommendations for personal respiratory protection in tuberculosis]. *Pneumologie* 2004; 58: 92–102 doi:10.1055/s-2003-812527
- [74] Reponen TA, Wang Z, Willeke K et al. Survival of mycobacteria on N95 personal respirators. *Infect Control Hosp Epidemiol* 1999; 20: 237–241 doi:10.1086/501618
- [75] Witte P, Witte T. Hygiene bei Tbc – Fakten und Mythen. *Info Pneumologie und Allergologie* 2021; 4: 12–16
- [76] Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (KRINKO); Anforderungen an die Hygiene und Reinigung und Desinfektion von Flächen. *Bundesgesundheitsblatt* 2022; 65: 1074–1115 doi:10.1007/s00103-022-03576-1
- [77] Rutala WA, Weber DJ. Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). Centers for Disease Control and Prevention (CDC) Hrsg. Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities, 2008. Update May 2019
- [78] Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten – Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut (RKI) und des Bundesinstitutes für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM). *Bundesgesundheitsblatt* 2022; 65: 1074–1115 doi:10.1007/s00103-022-03576-1
- [79] Mitteilung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 18. Vollzugshilfe zur Entsorgung von Abfällen aus Einrichtungen des Gesundheitsdienstes, Stand 29. Januar 2020. <https://www.abfallmanger-medizin.de/abfall-abc/entsorgungswege-nach-laga-orientierungshilfe/> (Stand: 11.09.2023)
- [80] Robert Koch-Institut. Mitteilung des RKI zur Infektionsprävention beim Transport von Patienten mit offener Lungentuberkulose. *Epidemiologisches Bulletin* 2006; 20: 156
- [81] Verbund für Angewandte Hygiene e.V. (VAH). Desinfektionsmittelkommission (2022). Desinfektionsmittel-Liste des VAH. <https://vah-liste.mhp-verlag.de> (Zugriff: 11.09.2023)
- [82] DIN EN 149 (August 2009) „Atemschutzgeräte – Filtrierende Halbmasken zum Schutz gegen Partikeln – Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung“. Berlin: Beuth Verlag GmbH; doi:10.31030/1527555
- [83] Koch S. Pathologie, Neuropathologie, Rechtsmedizin und Anatomie. In: Kramer A, Assadian O, Exner M et al. *Krankenhaus- und Praxis-hygiene*. 3. Aufl. Urban und Fischer; 2016: 499–500
- [84] Olmo-Fontánez AM, Turner J. Tuberculosis in an Aging World. *Pathogens* 2022; 11: doi:10.3390/pathogens11101101
- [85] Rajagopalan S. Tuberculosis in Older Adults. *Clin Geriatr Med* 2016; 32: 479–491 doi:10.1016/j.cger.2016.02.006
- [86] Infektionsprävention in Heimen. *Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz* 2005; 48: 1061–1080 doi:10.1007/s00103-005-1126-2
- [87] Ruscher C. Infektionsprävention im Rahmen der Pflege und Behandlung von Patienten mit übertragbaren Krankheiten. Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 2015; 58: 1151–1170 doi:10.1007/s00103-015-2234-2
- [88] Robert Koch-Institut. Tuberkulose RKI-Ratgeber (29.03.2023). https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_Tuberkulose.html (Stand: 11.09.2023)
- [89] §§ 16, 19, Infektionsschutzgesetz. *Gesundheitsdienstgesetze der jeweiligen Länder*
- [90] Gesetz über den Vollzug der Freiheitsstrafe und der freiheitsentziehenden Maßregeln der Besserung und Sicherung (Strafvollzugsgesetz – StVollzG) vom 16. März 1976. Stand 2009. *Bundesgesetzblatt I* 2009; 2274
- [91] Thanassi W, Behrman AJ, Reves R et al. Tuberculosis Screening, Testing, and Treatment of US Health Care Personnel: ACOEM and NTCA Joint Task Force on Implementation of the 2019 MMWR Recommendations. *J Occup Environ Med* 2020; 62: e355–e369 doi:10.1097/JOM.0000000000001904
- [92] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit Biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV). 2021
- [93] TRBA 100 Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen in Laboratorien. Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe. GMBI. Nr. 51/52 vom 17. Oktober 2013, S. 1010–1042; 4. Änderung: GMBI. Nr. 15 vom 2. Mai 2018, S. 263
- [94] Peters C, Kozak A, Nienhaus A et al. Risk of Occupational Latent Tuberculosis Infection among Health Personnel Measured by Interferon-Gamma Release Assays in Low Incidence Countries – A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17: doi:10.3390/ijerph17020581