

## RKI-Ratgeber Tuberkulose

### Präambel

Die Herausgabe der RKI-Ratgeber erfolgt durch das Robert Koch-Institut (RKI) auf der Grundlage des §4 Infektionsschutzgesetz (IfSG). Zielgruppe der RKI-Ratgeber sind Fachkreise, u. a. Ärztinnen und Ärzte, medizinisches Fachpersonal und der Öffentliche Gesundheitsdienst (ÖGD). Informationen zu wichtigen Infektionskrankheiten sollen aktuell und konzentriert der Orientierung dienen. Die Beiträge werden in Zusammenarbeit mit den Nationalen Referenzzentren (NRZ), Konsiliarlaboren (KL) sowie weiteren Expertinnen und Experten erarbeitet. Die RKI-Ratgeber sind auf der Internetseite des RKI ([www.rki.de/ratgeber](http://www.rki.de/ratgeber)) abrufbar. Neu erstellte RKI-Ratgeber und deutlich überarbeitete Folgeversionen werden im *Epidemiologischen Bulletin* ([www.rki.de/epidbull](http://www.rki.de/epidbull)) veröffentlicht.

**Erstveröffentlichung im *Epidemiologischen Bulletin* 11/2000, überarbeitete Fassung vom Januar 2013, Aktualisierung der Abschnitte „Gesetzliche Grundlage“ und „Beratung und Spezialdiagnostik“ im Februar 2018 und des Abschnitts „Infektionsschutz und Hygienemaßnahmen“ im November 2019, überarbeitete Fassung vom März 2022 mit umfassender Aktualisierung und redaktioneller Überarbeitung.**

### Erreger

Erreger der Tuberkulose (TB) sind aerobe, unbewegliche, langsam wachsende, stäbchenförmige Bakterien der Familie *Mycobacteriaceae*, Genus *Mycobacterium*. Aufgrund ihrer Eigenschaften bei der Färbung für die Mikroskopie werden sie als „säurefest“ bezeichnet. Zu den Erregern des *Mycobacterium*-(*M.*-)*tuberculosis*-Komplex, welche beim Menschen eine Tuberkulose verursachen können, zählen die Spezies *M. tuberculosis*, *M. africanum*, *M. bovis*, *M. caprae*, *M. microti*, *M. pinnipedii*, *M. mungi*, *M. orygis*, *M. suricattae* und *M. canetti*. Der häufigste Erreger der Tuberkulose beim Menschen ist *M. tuberculosis*.

Der Impfstamm *M. bovis* BCG (Bacille Calmette-Guérin) basiert auf einem abgeschwächten Bakterienstamm. Er wird auch zur adjuvanten, d. h. unterstützenden immunmodulatorischen Behandlung des Harnblasenkarzinoms in die Harnblase eingebracht und kann in diesem Zusammenhang eine sogenannte BCGitis (Synonym: BCG-Erkrankung) verursachen, die je nach Schweregrad auch eine Behandlung mit antimykobakteriell wirksamen Arzneimitteln erforderlich machen kann. *M. bovis* BCG ist nicht von Mensch zu Mensch übertragbar, führt nicht zum Krankheitsbild der Tuberkulose und ist daher nicht meldepflichtig.

Die Pathogenität der Tuberkuloseerreger beruht in erster Linie auf der Induktion einer ausgeprägten zellvermittelten Immunantwort. Das Tuberkulosebakterium zeichnet sich insbesondere durch die Fähigkeit aus, in einem intrazellulären Membrankompartiment der Wirtszelle, meist eines Makrophagen, zu überleben. Die immunologischen Vorgänge sind dabei komplex.<sup>1</sup>

Nicht zu den Tuberkuloseerregern zählen *M. leprae*<sup>2,3</sup> und die nichttuberkulösen Mykobakterien (NTM), von denen bisher fast 200 Spezies beschrieben sind. Einige nichttuberkulöse Mykobakterien sind fakultativ humanpathogen, jedoch nicht meldepflichtig.<sup>4</sup>

### Vorkommen

Obwohl medikamentös behandelbar, zählt die Tuberkulose in armen Ländern – noch vor HIV/AIDS (Humanes Immundefizienz-Virus/*Acquired Immune Deficiency Syndrome*, erworbenes Immunschwäche-syndrom) – zu den am häufigsten zum Tode führenden Infektionskrankheiten. Weltweit gehört die Tuberkulose (TB) neben HIV und Malaria zu den häufigsten Infektionskrankheiten. Nach den Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) erkranken jedes Jahr etwa 10 Millionen Menschen an einer Tuberkulose und etwa 1,5 Millionen Menschen sterben daran (Angaben für 2020).<sup>5</sup>

Zu den globalen Herausforderungen für eine Elimination der Tuberkulose gehören die HIV/TB-Koinfektion, die Antibiotikaresistenzproblematik, eine in vielen Ländern unzureichende Gesundheitsversorgung sowie weitere Faktoren wie Migrationsbewegungen und Armut. Zwei Drittel der weltweiten Fälle treten in Indien, Indonesien, China, den Philippinen, Pakistan, Nigeria, Bangladesch und Südafrika auf. Hier finden sich geschätzte Inzidenzen von mehreren Hundert Neuerkrankungen/100.000 Einwohner pro Jahr, teilweise von über 500/100.000 Einwohner (z. B. in Südafrika und auf den Philippinen)<sup>5</sup> (Stand 2020). Die WHO geht davon aus, dass ein Viertel der Weltbevölkerung latent mit Tuberkuloseerregern infiziert ist.

Auf die WHO-Region Europa entfallen etwa 2,5% aller weltweit auftretenden Neuerkrankungen, wobei deutliche regionale Unterschiede und ein ausgeprägter Ost-West-Gradient erkennbar sind. Die durchschnittliche Inzidenz in den Ländern der Europäischen Union (EU) und des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR) liegt etwa bei 10/100.000 Einwohner. Aktuelle Daten zur weltweiten epidemiologischen Situation veröffentlicht die WHO<sup>5</sup> und zur Europaregion das European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC).<sup>6</sup>

In Deutschland entwickelten sich die gemeldeten Erkrankungszahlen nach einem vorübergehend deutlichen Anstieg in den Jahren 2015 und 2016 wieder rückläufig. Es werden derzeit jährlich etwa 4.500 Erkrankungen an Tuberkulose registriert (Stand 2020). Deutschland ist ein Niedriginzidenzland, die Meldeinzidenz (im Folgenden Inzidenz) liegt seit Anfang 2001 bei unter 10/100.000 Einwohner und bewegt sich in den letzten Jahren mit abnehmender Tendenz zwischen 5 und 7/100.000.

**Hinweis:** Aktuelle Datenstände zur Tuberkulose im jeweils laufenden Jahr können spätestens eine Woche nach der Meldung dem *Epidemiologischen Bulletin* entnommen werden. Ein vereinfachter Datenbestand der gemäß IfSG meldepflichtigen Krankheitsfälle und Erregernachweise kann mit Hilfe von [SurvStat@RKI](mailto:SurvStat@RKI) unter [www.rki.de/survstat](http://www.rki.de/survstat) abgefragt werden. Zudem finden sich im aktuellen Infektionsepidemiologischen Jahrbuch unter [www.rki.de/jahrbuch](http://www.rki.de/jahrbuch) und in den jährlichen *Berichten zur*

*Epidemiologie der Tuberkulose in Deutschland* unter [www.rki.de/tuberkulose](http://www.rki.de/tuberkulose) Daten und ausführliche Analysen zur epidemiologischen Situation der Tuberkulose seit Inkrafttreten des IfSG im Jahr 2001.<sup>7</sup>

Das Risiko, an Tuberkulose zu erkranken, wird durch verschiedene Faktoren erhöht. Besonders gefährdet sind Menschen, die engen und längeren Kontakt zu Personen hatten, die an einer ansteckungsfähigen Lungentuberkulose leiden (s. auch Abschnitt *Infektionsweg*), sowie Menschen mit unzureichend behandelter früherer Tuberkulose. HIV, Rauchen, Alkohol- und Drogenabhängigkeit, Unterernährung, Diabetes und Lebensumstände wie Obdachlosigkeit, ein früherer Haftaufenthalt und Armut zählen ebenfalls zu den Risikofaktoren. Darüber hinaus betrifft die Tuberkulose vor allem (aber nicht nur!) Menschen aus Herkunftsländern, in denen diese Krankheit noch sehr häufig und die Infektionsprävalenz folglich hoch ist. Im Fall einer latenten tuberkulösen Infektion (LTBI, Synonyme: latente Tuberkuloseinfektion, latente Infektion mit *M. tuberculosis*, tuberkulöse Infektion/TBI) ist das Risiko für das Fortschreiten in eine Tuberkulose deutlich erhöht bei HIV-Infektion und anderer relevanter Schwächung des Immunsystems, z. B. im höheren Lebensalter, durch einen angeborenen Immundefekt oder durch medikamentöse Therapien (z. B. mit TNF-alpha-Inhibitoren<sup>8-10</sup>).

## Reservoir

Natürlicher Wirt für *M. tuberculosis*, *M. africanum* und *M. canetti* ist der Mensch und für *M. bovis* neben dem Menschen vor allem das Rind sowie manche Wildtiere. Zu den weiteren tuberkulösen Mykobakterien, die vorrangig im Tierreich zu finden sind, gehören unter anderen *M. caprae* (primär bei Ziegen), *M. microti* (bei kleinen Nagern) und *M. pinnipedii* (bei Seehunden und anderen Meeressäugtieren).<sup>11</sup>

## Infektionsweg

Die Infektion erfolgt fast immer **aerogen** durch das Einatmen feinsten erregerehaltiger Aerosole (Tröpfchenkerne), die Erkrankte mit ansteckungsfähiger Lungentuberkulose insbesondere beim Husten und Niesen ausstoßen. Eine ansteckungsfähige (Synonyme: infektiöse, offene) Lungentuberkulose liegt

vor, wenn der pulmonale Krankheitsherd Anschluss an die Luftwege hat und Bakterien an die Umwelt abgegeben werden. Besonders ansteckend sind Erkrankte, bei denen im Auswurf so viele Bakterien vorhanden sind, dass diese bereits unter dem Mikroskop sichtbar sind („mikroskopisch positiv“). Erkrankte, bei denen der Nachweis in Atemwegspuren bei negativer Mikroskopie nur mittels Bakterienkultur und/oder molekularbiologischer Methoden wie der Polymerase-Kettenreaktion (PCR) gelingt („kulturell oder PCR-positiv“), sind deutlich weniger infektiös. Kinder unter zehn Jahren sind seltener bzw. wenn, dann in aller Regel weniger infektiös, da die Bakteriendichte im Sputum meist geringer ist, sie seltener kavernöse Tuberkulosen entwickeln und einen schwächeren Hustenstoß haben.

Eine Ansteckung erfolgt bei Tuberkulose grundsätzlich nicht so leicht wie bei anderen durch Aerosole übertragbaren Infektionskrankheiten (wie z. B. Varizellen, Masern, Coronavirus Disease 2019 (COVID-19)). Ob es zu einer Infektion kommt, hängt von verschiedenen Faktoren ab:<sup>12</sup>

- ▶ Häufigkeit, Enge und Dauer des Kontakts; in der Regel bedarf es einer mehrstündigen Exposition vorwiegend in geschlossenen Räumen zu einer Person, die an ansteckungsfähiger Lungentuberkulose erkrankt ist
- ▶ Menge und Virulenz der eingeatmeten Erreger
- ▶ Empfänglichkeit (Suszeptibilität) der exponierten Person

In Ländern mit hoher Tuberkuloseinzidenz erfolgt die primäre, d. h. erstmalige Infektion meist im frühen Kindesalter. Dagegen verschiebt sich in Ländern mit niedriger Inzidenz und damit geringem Infektionsrisiko das Alter bei Erstinfektion hin zum Erwachsenenalter. Anders als bei vielen anderen Infektionskrankheiten schützt eine durchgemachte Tuberkulose nicht vor einer erneuten Infektion. Insbesondere bei unvollständiger oder suboptimaler Behandlung der vorherigen Erkrankung ist auch eine Reaktivierung möglich.<sup>1,7,10</sup>

Von Tuberkuloseformen, die Organe außerhalb der Lunge betreffen (extrapulmonale Tuberkulosen: z. B. Lymphknoten, Harnwege, Knochen, Gelenke, Verdauungsorgane), geht bei sozialen Kontakten kein Infektionsrisiko aus. Eine Infektionsgefährdung be-

steht nur in Ausnahmefällen, beispielsweise wenn Erreger durch Fistelbildung freigesetzt werden. Auch bei aerosolbildenden Maßnahmen (z. B. Druckspülung mit offenen Systemen, medizinisch-chirurgische Eingriffe) und über bestehende Hautverletzungen können Erreger übertragen werden.<sup>12</sup>

Übertragungen durch transplantierte Organe von infizierten bzw. erkrankten Spendern sind als Einzelfälle in der Literatur beschrieben,<sup>13</sup> insbesondere für Lungen-, aber auch Nieren-, Leber- und Herztransplantationen. Eine Übertragung über Bluttransfusionen hat bei Tuberkulose keine klinische Relevanz. Grundsätzlich kann es bei schweren Tuberkuloseverläufen zu einer Bakteriämie kommen, symptomatische Personen sind jedoch nicht zur Blutspende zugelassen und bislang gibt es selbst aus Hochprävalenzländern keine Berichte über transfusionsassoziierte Tuberkulose.<sup>13</sup>

Schwangere mit unbehandelter oder unzureichend behandelter Tuberkulose können das ungeborene Kind infizieren (kongenitale oder konnatale Übertragung). Eine kongenitale Tuberkulose ist jedoch ein sehr seltenes, wenn auch sehr ernstzunehmendes Ereignis, da es mit einer hohen Kindesmortalität verbunden ist.<sup>14</sup> Eine Infektionsgefährdung durch Muttermilch unbehandelter Tuberkulosepatientinnen besteht nicht, aufgrund des postnatalen Übertragungsrisikos sind aber eine umgehende und effiziente Behandlung der Mutter und Infektionsschutzmaßnahmen unverzichtbar.<sup>14,15</sup>

Eine Übertragung von Tuberkulosebakterien durch den Verzehr nicht pasteurisierter Milch (Rohmilch) ist prinzipiell möglich, jedoch in Mitteleuropa kaum noch von Bedeutung, zumal der Rinderbestand hier weitgehend tuberkulosefrei ist.<sup>16</sup> Seit dem 1. Januar 1997 ist Deutschland aufgrund der EU Entscheidung 97/76/EG, ersetzt durch EU Entscheidung 99/467/EG, offiziell anerkannt als frei von Rindertuberkulose. Dies bedeutet, dass mindestens 99,9 % der Rinderbestände in jedem Jahr und in den jeweils zurückliegenden zehn Jahren amtlich anerkannt frei sind von Tuberkulose.

## Inkubationszeit

Die Zeit zwischen Infektion und einer messbaren Immunantwort (s. u., immunologische Tests) beträgt im Durchschnitt sechs bis acht Wochen (präallergische Phase). Nur ein Teil der Infizierten erkrankt tatsächlich auch an Tuberkulose (**Progression**). Meist gelingt es dem Organismus, die Tuberkulosebakterien erfolgreich zu bekämpfen oder sie abzukapseln und damit die Infektion dauerhaft einzugrenzen. Bei Persistenz vitaler Tuberkulosebakterien liegt eine **latente tuberkulöse Infektion** vor.<sup>10,17</sup>

Das lebenslange Risiko, dass sich aus einer latenten tuberkulösen Infektion eine Tuberkulose entwickelt, wird bei immunkompetenten Jugendlichen und Erwachsenen mit etwa 5–10 % angenommen. Die Zeit zwischen der Infektion und dem Auftreten der ersten Symptome kann dabei Wochen, Monate oder auch Jahre betragen, wobei das Erkrankungsrisiko in den ersten beiden Jahren am höchsten ist. Es kann aber auch noch nach Jahrzehnten i. S. einer **Reaktivierung** zu einer Erkrankung kommen, insbesondere bei Menschen mit geschwächtem Immunsystem.

Besonders Säuglinge und Kleinkinder sowie immungeschwächte Personen (vor allem Menschen mit HIV-Infektion und niedriger CD4<sup>+</sup>-T-Zellzahl) haben ein deutlich höheres Erkrankungsrisiko (20–40 %) und erkranken zudem häufig zeitnah zur Infektion. Im Kindesalter ist Tuberkulose daher immer auch ein Hinweis auf eine kürzlich erworbene Infektion und ein Indikator dafür, dass Tuberkulose in der Bevölkerung noch übertragen wird.<sup>12,17</sup> Tuberkulose im Kindesalter sollte bei unbekannter Infektionsquelle daher immer ein Anlass zur Quellen-suche sein, um weitere Infektionen zu verhindern.

## Dauer der Ansteckungsfähigkeit

Wie im Abschnitt Infektionsweg ausgeführt, hängt das Ausmaß der Infektiosität einer Lungentuberkulose insbesondere von der Erregerlast ab. Unter einer wirksamen Tuberkulose-therapie nimmt die Vermehrungsfähigkeit der Bakterien rasch ab, so dass an infektiöser Lungentuberkulose Erkrankte **in der Regel innerhalb von zwei bis drei Wochen nicht mehr ansteckungsfähig** sind. Bei ausgeprägten klinischen und radiologischen Befunden mit hoher Er-

regerlast oder bei Vorliegen einer resistenten Tuberkulose kann eine Infektiosität auch länger bestehen. Gerade bei resistenter Tuberkulose ist es nicht ausreichend, allein die Konversion der Sputummikroskopie von einem positiven auf einen negativen Befund für die Beurteilung der Ansteckungsfähigkeit im Therapieverlauf heranzuziehen. Die Einschätzung des individuellen Falls und die Entscheidung über die Aufhebung von Isolierungsmaßnahmen **bedarf einer individuellen ärztlichen Beurteilung**, bei der die bakteriologischen Befunde, aber auch Aspekte wie Therapieadhärenz sowie klinisches und ggf. auch radiologisches Ansprechen mitberücksichtigt werden.<sup>12,18</sup> Orientierende Angaben zur Dauer der Isolierungsmaßnahmen finden sich auch in Tabelle 1 der KRINKO-Empfehlung „Infektionsprävention im Rahmen der Pflege und Behandlung von Patienten mit übertragbaren Krankheiten“.<sup>19</sup>

## Klinische Symptomatik

Die Erkrankung manifestiert sich zu etwa 80 % als Lungentuberkulose. Ein **Leitsymptom der Lungentuberkulose ist Husten** mit oder ohne Auswurf, der in seltenen Fällen blutig sein kann. Gelegentlich kommt es zu Brustschmerzen und Atemnot. Bei länger als drei Wochen bestehendem, therapieresistentem Husten sollte differenzialdiagnostisch daher immer auch an Tuberkulose gedacht werden. Bei blutigem Auswurf ist eine sofortige ärztliche Abklärung erforderlich.

Mögliche **Allgemeinsymptome** der Tuberkulose – die allerdings nicht spezifisch für Tuberkulose sind – sind Einschränkungen des Allgemeinbefindens, Appetitmangel, unbeabsichtigte Gewichtsabnahme, leichtes Fieber, vermehrtes Schwitzen (besonders nachts), Müdigkeit, allgemeine Schwäche oder Zeichen ähnlich denen eines grippalen Infektes.

**Bei einem relevanten Anteil von Patientinnen und Patienten bestehen jedoch gar keine charakteristischen Beschwerden.** Insbesondere junge Kinder sind in über der Hälfte der Fälle asymptomatisch oder fallen nur durch eine Gedeihstörung auf.

Durch eine hämatogene oder lymphogene Aussaat der Bakterien **kann die Tuberkulose prinzipiell jedes Organ betreffen** – mit oder ohne Lungenbefund. Sie

kann auf ein einzelnes Organ begrenzt sein oder in Kombination mehrere Organe betreffen (disseminierte Tuberkulose). Dementsprechend vielgestaltig kann sie sich klinisch präsentieren. Insbesondere bei eingeschränkter Immunabwehr besteht die Gefahr eines schweren generalisierten Krankheitsverlaufs. Vor allem bei Säuglingen und Kleinkindern besteht die Gefahr, dass es im Anschluss an die Infektion zu einer generalisierten Streuung der Tuberkulosebakterien kommt und sie eine Miliartuberkulose oder eine tuberkulöse Meningitis entwickeln, die mit einer höheren Mortalität assoziiert sind. Diese Krankheitsbilder sind in Deutschland heutzutage sehr selten, werden aber gerade deshalb oft erst spät erkannt.

Auch noch nach vielen Jahren kann es durch die Reaktivierung eines Organherdes zu einer **extrapulmonalen Tuberkulose** wie beispielsweise Knochen-, Gelenk- oder Urogenitaltuberkulose mit entsprechenden organspezifischen Beschwerdebildern kommen.

Eine latente tuberkulöse Infektion verläuft ohne Symptomatik.

## Diagnostik

Weiterführende umfassende Informationen zur Tuberkulosedagnostik finden sich jeweils in den aktuellen S2k-Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) für Erwachsene<sup>10</sup> bzw. Kinder.<sup>17</sup>

### 1. Differenzialdiagnostik

Anhand des klinischen Bildes allein können keine Rückschlüsse auf den ursächlichen Erreger gezogen werden. Es sollte daher immer ein Erregernachweis angestrebt werden und ggf. eine weiterführende Diagnostik, zielgerichtet für die jeweils betroffenen Organsysteme, erfolgen.<sup>10,17</sup>

**Anamnese:** Anamnestisch sind vor allem folgende Risikofaktoren zu erfragen: Kontakt zu einem an ansteckungsfähiger Lungentuberkulose erkrankten Menschen oder zu infektiösem Material, mögliche berufliche Exposition, eine bereits bekannte latente tuberkulöse Infektion oder Tuberkulosevorerkrankung, Zugehörigkeit oder Kontakt zu tuberkulose-

gefährdeten Bevölkerungsgruppen sowie längere Aufenthalte in oder Herkunft aus einem Hochprävalenzland.<sup>5,6</sup>

**Bildgebende Verfahren:** Bei klinischem Verdacht auf eine Lungentuberkulose spielt die Thorax-Röntgenuntersuchung eine entscheidende Rolle. Sie gehört neben der Anamnese und der bakteriologischen Diagnostik zu einer vollständigen differenzialdiagnostischen Abklärung des Krankheitsbildes. Darüber hinaus wird sie bei der Verlaufsbeurteilung unter Therapie, bei der Umgebungsuntersuchung zur Früherkennung oder dem Ausschluss einer Lungentuberkulose bei immunologisch positiv getesteten Kontaktpersonen und zur Ansteckungsquellen-suche eingesetzt. Zur Beantwortung spezifischer diagnostischer Fragestellungen und bei der Diagnose extrapulmonaler Tuberkulosen kommen weitere organbezogene bildgebende Verfahren wie Computer- und Kernspintomographie, PET-CT und Sonographie zur Anwendung.<sup>10,17</sup>

### 2. Labordiagnostik

**Bakteriologische Diagnostik:** Die Wahl des geeigneten Probenmaterials sowie die korrekte Art der Gewinnung, des Transports und der Weiterverarbeitung sind grundsätzlich von entscheidender Bedeutung.<sup>10</sup>

Bei der Lungentuberkulose erfolgt der Erregernachweis aus respiratorischem Material. Neben Direktsputum eignet sich auch nach Inhalation gewonnenes induziertes Sputum und Magensaft (insbesondere bei Kindern) sowie abgesaugtes Bronchialsekret, bronchioalveoläre Lavage-(BAL-)Flüssigkeit oder post-bronchoskopisch gewonnenes Sputum. Bei anderen Organmanifestationen werden je nach Lokalisation Urin, Pleuraexsudat, Liquor bzw. andere Punktions- bzw. Biopsieproben (letztere in physiologischer NaCl-Lösung, KEIN Formalin) bakteriologisch untersucht. Da nicht-respiratorische Proben häufig paucibazillär (bakterienarm) sind, fallen sie mikroskopisch oft negativ aus. Umso aussagekräftiger ist hier ein positiver Befund.<sup>10</sup>

► **Mikroskopischer Nachweis:** Säurefeste Stäbchen lassen sich nach Anfärbung der Erreger fluoreszenzmikroskopisch oder lichtmikroskopisch darstellen. Das Ergebnis der Mikroskopie

liegt schnell vor und ist für die Einschätzung der Infektiosität einer Lungentuberkulose wichtig. Zusätzlich zur Kultur sollte daher immer eine mikroskopische Untersuchung erfolgen, wobei erst bei einer höheren Keimdichte von etwa  $10^4$  Keimen/ml Sputum mit einem positiven Mikroskopie-Ergebnis gerechnet werden kann. Zur Erstdiagnose sollten vor Therapiebeginn drei Sputumproben hoher Qualität (z. B. Morgensputum) untersucht werden.<sup>10</sup> Der erstmalige Nachweis säurefester Stäbchen ist dem Einsender sofort telefonisch zu übermitteln und schriftliche Befunde sollen semi-quantitative Angaben zur Menge der säurefesten Stäbchen enthalten.<sup>10,18,20</sup> Bei initial positivem Befund wird bei Lungentuberkulose die Sputummikroskopie zur Beurteilung des Therapieansprechens genutzt, sie lässt jedoch keine Aussagen zur Vermehrungsfähigkeit der Bakterien zu.

- ▶ **Kultureller Nachweis:** Hierfür werden Bakterienkulturen in Flüssig- und auf Festmedien angelegt. Eine kulturelle Untersuchung erfolgt bei der Erstuntersuchung und bei Lungentuberkulose zur Therapieverlaufskontrolle.<sup>10</sup> Mit modernen Flüssigkultursystemen beträgt die Kultivierungszeit bis zu einem positiven Ergebnis aufgrund der langen Generationszeit der Tuberkuloseerreger in der Regel ein bis drei Wochen. In Einzelfällen kann sich auch nach bis zu sechs Wochen Bebrütungszeit noch kulturelles Erregerwachstum zeigen. Der kulturelle Nachweis ist die sensitivste bakteriologische Nachweismethode, eine positive Kultur ist beweisend für das Vorliegen einer Tuberkulose und wichtig für die Resistenzbestimmung.
- ▶ **Bestimmung der Mykobakterienspezies:** Sobald eine positive Kultur vorliegt, wird mit immunochromatographischen Schnelltests oder molekularbiologischen Methoden untersucht, ob tatsächlich Tuberkulosebakterien oder nicht-tuberkulöse Mykobakterien gewachsen sind. Außerdem sollte eine genaue Speziesidentifizierung erfolgen, so besteht z. B. bei einer Erkrankung durch *M. bovis* fast immer eine Pyrazinamid-Resistenz, welche bei der Zusammenstellung des Therapieregimes berücksichtigt werden muss.
- ▶ **Molekularbiologischer Nachweis:** In Ergänzung zu Mikroskopie und Kultur können mit dem gezielten Einsatz molekularbiologischer Methoden (Nukleinsäureamplifikationstests, NAT; z. B. PCR) sehr schnell und sensitiver als mit der Mikroskopie Tuberkulosebakterien in Untersuchungsmaterial nachgewiesen werden.<sup>10</sup> Je nach verwendetem Testverfahren erlauben diese gleichzeitig den Nachweis häufiger Resistenzmutationen (Isoniazid und Rifampicin). Bei mikroskopisch positiven Proben liegen Sensitivität und Spezifität der NAT bei nahezu 100%. Bei mikroskopisch negativen, kulturell positiven Proben ist die Sensitivität geringer: Bei respiratorischen Proben max. 80%, bei nicht-respiratorischen Proben teilweise noch deutlich darunter. Daher schließt ein negativer NAT bei mikroskopisch negativen Materialien das Vorliegen einer Tuberkulose nicht aus. NAT eignen sich nicht zur Therapiekontrolle, da auch nicht vermehrungsfähige Bakterien ein positives Ergebnis hervorrufen können, u. U. sogar noch lange nach Abschluss einer erfolgreichen Behandlung. Zur Methodik der Gesamtgenomsequenzierung, die natürlich auch Tuberkulosebakterien- sowie Speziesidentifizierung einschließt, s. unten.
- ▶ **Empfindlichkeitsprüfung:**<sup>10</sup> Von jedem ersten Bakterienisolat muss eine Empfindlichkeitsprüfung für die Medikamente der Standardtherapie durchgeführt werden. Werden nach mehr als acht Wochen Therapie kulturell immer noch Tuberkulosebakterien nachgewiesen, muss die Empfindlichkeitsprüfung mit einem neuen Isolat wiederholt werden. Bei der **phänotypischen Resistenztestung** wird das Wachstum der Bakterienisolate in Flüssig- bzw. Festmedien untersucht, welche ausgewählte Tuberkulosemedikamente in bestimmten Konzentrationen enthalten. Mit einem positiven Ergebnis ist je nach Medium und Medikament frühestens nach sieben bis zehn Tagen zu rechnen. Zur Beschleunigung der Resistenzbestimmung sollte daher bei Vorliegen der ersten Erregerkultur zusätzlich eine **genotypische Resistenztestung** erfolgen (sofern entsprechende Ergebnisse nicht bereits aus dem primären Untersuchungsmaterial vorliegen). Dabei werden molekularbiologisch in erster Linie diejenigen Gen-

abschnitte analysiert, die mit Isoniazid- und Rifampicin-Resistenz assoziiert sind. Bei Nachweis von Resistenzen muss eine Resistenzprüfung für Medikamente der Nicht-Standardtherapie erfolgen, um die Therapie resistenzgerecht anpassen zu können.<sup>10</sup> Bei Verdacht auf komplexe Resistenzmuster erlauben **Gesamtgenomanalysen** (*Whole Genome Sequencing*, WGS) ein umfassendes Bild zur möglichen Resistenzsituation des untersuchten Bakterienstammes. Mit der zurzeit modernsten Technologie, der **targeted Next-Generation-Sequenzierung** (targeted NGS), kann bereits direkt im Untersuchungsmaterial parallel eine Vielzahl von resistenzassoziierten Bereichen des Erregergenoms untersucht sowie eine vorläufige Erregertypisierung vorgenommen werden. Die letztgenannten beiden Verfahren kommen nicht routinemäßig, sondern nur bei speziellen Fragestellungen zum Einsatz und werden von spezialisierten Laboren durchgeführt.

- ▶ **Molekulare Typisierung:** Die bereits erwähnte WGS erlaubt neben einer Resistenzbestimmung auch eine umfassende Erregercharakterisierung und hilft bei der Einordnung in das aktive Infektionsgeschehen, z. B. im Rahmen von Ausbruchsuntersuchungen sowie zur Klärung einer möglichen Reinfektion oder einer Laborkontamination. Gesamtgenomsequenzierung wird in Deutschland im Rahmen eines Forschungsprojekts zur Transmissionssurveillance mit dem Ziel des Aufbaus einer bundesweiten integrierten molekularen Surveillance (IMS) eingesetzt.<sup>21</sup>

**Immunologische Tests:** Mittels **Interferon-Gamma-Tests** (*Interferon-Gamma-Release-Assay*, IGRA) und **Tuberkulin-Hauttest** (THT) lässt sich feststellen, ob sich der Organismus immunologisch mit *M. tuberculosis* auseinandergesetzt hat.<sup>10,12,17</sup> Die Tests reagieren erst sechs bis acht Wochen nach erfolgter Infektion. Wird nicht aufgrund einer bekannten kürzlichen Exposition getestet (wie z. B. bei Umgebungsuntersuchungen), lässt sich bei positivem Testausfall nicht sagen, wann die tuberkulöse Infektion erworben wurde. Der aktuell in Deutschland verfügbare THT verwendet das Tuberkulin PPD-RT<sub>23</sub> SSI und ist weniger spezifisch als ein IGRA, da er durch eine Kreuzreaktion bei Infektion mit bestimmten nicht-

tuberkulösen Mykobakterien bzw. nach vorausgegangener BCG-Impfung falsch-positiv ausfallen kann. Er wird in Deutschland in der Regel nur noch bei Kindern, häufig ergänzt durch einen IGRA, angewendet. Weder IGRA noch THT erlauben eine Unterscheidung zwischen Infektion und Erkrankung. Sie eignen sich daher nicht zur Diagnose der Tuberkulose, sondern werden primär zur Diagnose bzw. zum Ausschluss einer latenten tuberkulösen Infektion eingesetzt. Insbesondere bei geschwächtem Immunsystem (z. B. HIV-Infektion, iatrogene Immunsuppression) oder schwerer Erkrankung (z. B. Miliartuberkulose) können die Tests falsch-negativ ausfallen, daher schließt ein negatives Testergebnis eine Tuberkulose nicht sicher aus.<sup>12</sup>

## Therapie

Weiterführende umfassende Informationen zur Therapie der Tuberkulose und der latenten tuberkulösen Infektion finden sich in den jeweils aktuellen AWMF-S2k-Leitlinien für Erwachsene<sup>10</sup> bzw. Kinder.<sup>17</sup> Anzumerken ist, dass aktuell zahlreiche klinische Studien mit dem Ziel durchgeführt werden, die Therapiedauern mit Hilfe neuerer Substanzen zu verkürzen und auch resistente Tuberkulosen ausschließlich mit oral verabreichbaren Medikamenten zu behandeln.

Tuberkulose ist immer eine behandlungsbedürftige Erkrankung, auch in der Schwangerschaft. Ihre Behandlung erfolgt **grundsätzlich mit einer Kombination von Medikamenten**. Hierfür gibt es zwei Gründe: Zum einen unterscheiden sich die Tuberkulosemedikamente in ihren Wirkmechanismen und zellulären Wirkorten (wie Zytosol und Lysosom). Die Wachstumsgeschwindigkeit und unterschiedliche Stoffwechselphasen der Bakterien sowie der pH-Wert am Infektionsort haben hierbei einen Einfluss. Da innerhalb der tuberkulösen Läsionen verschiedene Bakterienpopulationen vorkommen und die Erreger unterschiedlich stoffwechselaktiv sind, ergänzen sich die Medikamente bei einer kombinierten Gabe in ihrer Wirksamkeit. Sie sollten daher, wenn möglich, gleichzeitig verabreicht werden. Der zweite wichtige Grund für eine Kombinationsbehandlung ist die Vermeidung einer Selektion medikamentenresistenter Bakterien. In den Bakterienpopulationen sind immer auch Erreger vorhanden, die

natürlicherweise gegen ein bestimmtes Medikament resistent sind. Diese Bakterien werden bei einer Monotherapie bzw. bei einer inadäquaten Behandlung, die faktisch einer Monotherapie gleichkommt, selektioniert und können sich dann ungehindert vermehren.

Entscheidende Voraussetzungen für eine erfolgreiche Behandlung sind die Wirksamkeit der eingesetzten Medikamente, eine gute Verträglichkeit und ein aktives Management unerwünschter Arzneimittelwirkungen sowie die Mitarbeit der erkrankten Person (gute Compliance bzw. Therapieadhärenz). Es ist entscheidend, dass die Medikamente korrekt, in der richtigen Dosierung und über die gesamte Behandlungsdauer zuverlässig eingenommen werden. Bestehen Zweifel an einer regelmäßigen Medikamenteneinnahme, sollte diese unterstützt bzw. überwacht (als *Directly Observed Treatment, DOT*) erfolgen.<sup>10,22,23</sup> Auch in Deutschland sind sozioökonomisch benachteiligte und marginalisierte Bevölkerungsgruppen häufiger von Tuberkulose betroffen. Daher ist es wichtig, neben den medizinischen auch psychosoziale und andere Versorgungsaspekte zu berücksichtigen und einer Stigmatisierung entgegenzuwirken.<sup>10,23</sup>

### Medikamentensensible Tuberkulose

Zur Behandlung der medikamentensensiblen Tuberkulose werden die vier Medikamente der **Standardtherapie** eingesetzt (früher Erstrangmedikamente genannt): Isoniazid (INH), Rifampicin (RMP), Ethambutol (EMB) und Pyrazinamid (PZA).<sup>10</sup> Bei Resistenzen oder Unverträglichkeiten werden Medikamente der Nicht-Standardtherapie (früher: Zweitrangmedikamente) verordnet.<sup>10</sup>

Die Standardtherapie der Lungentuberkulose bei Erwachsenen setzt sich zusammen aus einer initialen Vierfachtherapie mit INH, RMP, PZA und EMB über zwei Monate (Initialphase), gefolgt von einer Zweifachtherapie mit INH und RMP über weitere vier Monate (Kontinuitätsphase). Die Gesamttherapiedauer beträgt damit sechs Monate. Im Kindesalter – vorausgesetzt, es liegt eine unkomplizierte, medikamentensensible Tuberkulose vor – kann die Therapie wegen der bakterienarmen (pauzibazillären) Ausprägung in der Initialphase mit drei Medikamenten erfolgen (ohne EMB). Die Einnahme der

Standardtherapie erfolgt als tägliche Einmalgabe – wenn möglich 30 Minuten vor dem Frühstück, da so die besten Medikamentenspiegel erreicht werden können (Dosierungsrechner verfügbar unter [www.dzk-tuberkulose.de](http://www.dzk-tuberkulose.de)).

Kommt es zu einem verzögerten Ansprechen auf die Therapie, muss das Vorliegen einer Resistenz ausgeschlossen, die Zuverlässigkeit der Medikamenteneinnahme überprüft und die Therapie ggf. umgestellt oder verlängert werden. Eine längere Therapiedauer kann auch bei kompliziertem Verlauf der Erkrankung (z. B. Befall mehrerer Organe) oder extrapulmonaler Tuberkulose erforderlich sein und wird auch im Fall einer HIV-Koinfektion ohne antiretrovirale Therapie oder mit dauerhaft schlechtem Immunstatus empfohlen. Auch aufgrund der therapeutischen Konsequenzen sollte daher **bei Diagnose einer Tuberkulose immer eine HIV-Testung angeboten** werden. Bei HIV-Infektion ist aufgrund der möglichen vielfältigen Medikamentenwechselwirkungen immer ein Arzt bzw. eine Ärztin mit Expertise in der Behandlung von HIV/TB-Koinfektionen hinzuzuziehen.<sup>10</sup>

### Medikamentenresistente Tuberkulose

Abhängig von Art und Ausprägung der Resistenz sind resistente Tuberkulosen meist schwerer behandelbar und bleiben oftmals länger infektiös. Besonders bedeutsam ist dabei die multiresistente Tuberkulose, bei der eine gleichzeitige Resistenz gegenüber mindestens INH und RMP und damit den beiden wichtigsten Medikamenten der Standardtherapie vorliegt (*multidrug-resistant Tuberculosis, MDR-TB*). Bei einer prä-XDR-Tuberkulose (XDR steht für *extensively drug-resistant Tuberculosis*) liegt zusätzlich zur Multiresistenz eine Resistenz gegenüber einem der Fluorchinolone vor. Bei einer XDR-TB bestehen darüber hinaus Resistenzen gegenüber weiteren Medikamenten der Nicht-Standardtherapie. Nach der aktuellen WHO-Definition<sup>24</sup> ist dies neben einem Fluorchinolon mindestens ein weiteres Medikament der Gruppe A (zur Gruppe A nach WHO zählen neben den Fluorchinolonen Levofloxacin und Moxifloxacin derzeit Bedaquilin und Linezolid; Stand März 2022).

Die in Deutschland beobachteten Resistenzraten sind mit leichten Schwankungen in den vergange-

nen Jahren recht stabil,<sup>7</sup> unterscheiden sich jedoch für die unterschiedlichen Geburtsländer der Erkrankten aufgrund der dortigen Resistenzsituation zum Teil erheblich. Bei den in Deutschland geborenen Patientinnen und Patienten bewegt sich die MDR-TB-Rate auf sehr niedrigem Niveau. Insbesondere bei Tuberkulosekranken, die in den Staaten der ehemaligen Sowjetunion geboren wurden, werden dagegen hohe MDR-TB-Raten beobachtet, vor allem wenn eine Vorbehandlung bekannt ist. Herkunftsanamnese und Tuberkuloseepidemiologie<sup>5,6</sup> müssen daher bei Diagnose und Therapieplanung berücksichtigt werden. Prinzipiell sollte jedoch bei jeder an Tuberkulose erkrankten Person an die Möglichkeit einer Resistenz gedacht und diese ausgeschlossen werden (s. Abschnitt [Labordiagnostik](#)). In Deutschland werden jährlich etwa 80 bis 100 MDR-TB-Fälle diagnostiziert, darunter besteht bei etwa 5–10% eine prä-XDR- oder XDR-TB. Da Diagnose, Therapie, Betreuung und Umgebungsuntersuchung hier besonders herausfordernd sind, haben diese Fälle eine besonders große Public-Health-Relevanz.

Die Therapie komplexresistenter Tuberkulosen muss daher unter Einbindung von spezialisierten Tuberkulosebehandlungszentren erfolgen.<sup>10</sup> Da bei in Deutschland diagnostizierten Fällen von MDR-TB oftmals eine Vielzahl von Medikamenten nicht mehr wirksam sind, kommen von der WHO empfohlene standardisierte MDR-TB-Kurzzeittherapie-regime in der Regel nicht in Frage. Vielmehr erfolgt die Zusammenstellung der Medikamente individualisiert, geleitet von den Ergebnissen der oben beschriebenen Resistenztestungen. Die MDR-Therapie dauert mindestens 18 Monate und somit deutlich länger als die Standardtherapie der sensiblen Tuberkulose. Mitunter bedarf es auch einer ergänzenden chirurgischen Intervention.

### Präventive Behandlung der latenten tuberkulösen Infektion (LTBI)

Latent infizierte Personen sind weder krank noch infektiös, es besteht jedoch ein [Risiko für ein Fortschreiten zur Tuberkulose](#) (Progression). Dieses Risiko kann durch eine präventive medikamentöse Therapie deutlich verringert werden (**Chemoprävention**, Synonyme: präventive Chemotherapie, präventive Therapie der latenten tuberkulösen Infek-

tion).<sup>10,12,17</sup> Von einer solchen Behandlung profitieren insbesondere frisch infizierte Kontaktpersonen und Menschen mit Immunschwäche (z. B. Menschen, die mit HIV-Infektion leben, bei geplanter Behandlung mit TNF-alpha-Inhibitoren und ggf. anderen Biologika). Mögliche Behandlungsregime sind RMP über vier Monate, INH und RMP über drei Monate oder INH über neun Monate. Aufgrund der höheren Compliance sind die kürzeren Regime zu bevorzugen.

Für Kinder und Jugendliche wird bei Vorliegen einer latenten tuberkulösen Infektion generell eine Chemoprävention empfohlen. Neben dem erhöhten Progressionsrisiko bei jungen Kindern begründet sich diese Empfehlung auf dem in der Regel zeitlich kürzeren Abstand zur Primärinfektion und dem durch eine frühzeitige Erregereliminierung erwarteten langfristigen Nutzen.

Insbesondere Kinder unter fünf Jahren sind anfällig für eine tuberkulöse Infektion, haben ein hohes Progressionsrisiko und ein hohes Risiko für schwere Krankheitsverläufe. Fällt ein initialer, zeitnah zu einer Exposition durchgeführter [immunologischer Test](#) (noch) negativ aus, sollten Kinder unter fünf Jahren daher nach Ausschluss einer Tuberkulose prophylaktisch behandelt werden (**Chemoprophylaxe**). In Abhängigkeit vom Ergebnis der späteren Kontrolluntersuchung (acht Wochen nach dem letzten infektionsrelevanten Kontakt) wird die Chemoprophylaxe entweder beendet bzw. im Fall einer Testkonversion (Umschlag von negativ auf positiv) als Chemoprävention fortgesetzt.<sup>10,17</sup>

Kontaktpersonen von ansteckungsfähigen MDR-TB-Erkrankten sollte bei Diagnose einer latenten tuberkulösen Infektion nach individueller Risiko-Nutzen-Abwägung und nach Konsultation mit einem spezialisierten Tuberkulosebehandlungszentrum eine präventive Therapie angeboten werden.<sup>10</sup>

Da sich in seltenen Fällen auch unter einer präventiven Therapie eine Tuberkulose entwickeln kann, muss auf tuberkuloseverdächtige Symptome geachtet und bei entsprechenden Beschwerden die Tuberkulose differenzialdiagnostisch berücksichtigt bzw. ausgeschlossen werden.

## Infektionsschutz- und Hygienemaßnahmen

### 1. Präventive Maßnahmen

Entscheidend für eine effektive Tuberkulosekontrolle sind die **rasche Entdeckung Erkrankter**, die **Isolierung** infektiöser Patientinnen und Patienten sowie der **schnelle Beginn** einer leitliniengerechten, wirksamen **Therapie**. Darüber hinaus ist es wichtig, **enge Kontaktpersonen** im Umfeld einer infektiösen Tuberkulose zu identifizieren und **zu untersuchen**, um Infektionsquellen zu identifizieren, Transmissionsketten zu erkennen und zu unterbrechen und Folgeinfektionen bzw. -erkrankungen rechtzeitig und adäquat zu behandeln (s. [Umgang mit Kontaktpersonen](#)).

In Deutschland wird Tuberkulose überwiegend durch passive Fallfindung entdeckt, wenn sich erkrankte Menschen aufgrund ihrer Beschwerden in ärztliche Behandlung begeben. Gelegentlich handelt es sich auch um einen Zufallsbefund, z. B. bei Routine- oder präoperativen Gesundheitsuntersuchungen.

Zur **aktiven Fallfindung** zählt die Umgebungsuntersuchung (Synonym: Kontaktpersonennachverfolgung), bei der Personen, die einen engen infektionsrelevanten Kontakt zu einem an ansteckungsfähiger Lungentuberkulose erkrankten Menschen hatten, auf eine latente tuberkulöse Infektion bzw. Tuberkulose hin untersucht werden.<sup>12</sup> (s. [Umgang mit Kontaktpersonen](#)).

Weitere aktive Fallfindungsmaßnahmen sind die **Tuberkulose-Screeninguntersuchungen** gemäß § 36 Abs. 4 und 5 IfSG bei Asylsuchenden, Geflüchteten und Spätaussiedlern sowie weiteren Tuberkulosegefährdeten Personengruppen, z. B. Obdachlosen und Haftinsassen (in der Regel mittels Thorax-Röntgenuntersuchung).

Für Personen, deren Lebensumstände mit einer erhöhten Ansteckungsgefahr für sich und andere verbunden sind, bieten die Gesundheitsämter gemäß § 19 Abs. 1 IfSG Beratungen und Untersuchungen bezüglich Tuberkulose an.

Aufgrund eines erhöhten Progressionsrisikos wird darüber hinaus ein **Screening auf latente tuberkulöse Infektion** durch den betreuenden Arzt bzw. die betreuende Ärztin empfohlen für Menschen, die mit HIV infiziert sind und zusätzliche Risikofaktoren für Tuberkulose haben sowie vor Beginn einer immunmodulatorischen Therapie mit TNF-alpha-Inhibitoren oder ggf. anderen Biologika.<sup>8–10</sup>

Zu den Möglichkeiten einer **präventiven Behandlung bei latenter tuberkulöser Infektion bzw. Chemoprophylaxe** s. die Ausführungen unter [Therapie](#).

Die **BCG-Impfung** wird von der Ständigen Impfkommission (STIKO) beim RKI seit 1998 generell nicht mehr empfohlen. Dies entspricht den Empfehlungen der WHO, die vorgeschlagen hat, in Populationen, deren Infektionsrisiko für Tuberkulose unter 0,1% liegt, keine generelle BCG-Impfung durchzuführen.

**Infektionsschutz an gefährdeten Arbeitsplätzen:** Gemäß Biostoffverordnung (BioStoffV) sind Arbeitgeber verpflichtet, eine Beurteilung der Infektionsgefährdung jedes Arbeitsplatzes vorzunehmen und für adäquaten Infektionsschutz sowie die erforderlichen Angebotsuntersuchungen zu sorgen (s. auch entsprechende arbeitsmedizinische Empfehlungen).<sup>25</sup> Wird davon ausgegangen, dass die latente tuberkulöse Infektion oder die Tuberkulose im beruflichen Umfeld erworben wurde, sollte dies der zuständigen Unfallkasse angezeigt werden.<sup>25</sup>

### 2. Maßnahmen für Einzelerkrankungen

Eine **Krankenhausbehandlung** ist bei schwerem Verlauf der Tuberkulose oder Problemen in der Diagnostik und Behandlung indiziert, insbesondere wenn diese im ambulanten Bereich nicht sichergestellt werden kann.<sup>10,22,23</sup> Bei unkooperativen ansteckungsfähigen Patientinnen und Patienten ist nach Ausschöpfung aller möglichen therapieunterstützenden Maßnahmen – nach richterlichem Beschluss – eine zwangsweise Absonderung in einer dafür vorgesehenen Abteilung möglich (§ 30 Abs. 2 IfSG).

Die **Hygienemaßnahmen** orientieren sich an der Basishygiene, ergänzt um weitere, über die Basishygiene hinausgehende, erreger- und krankheitsspezifische Maßnahmen.<sup>18,19</sup> Aufgrund der aeroge-

nen Übertragung stehen die folgenden risikomindernden Maßnahmen bei ansteckungsfähiger Tuberkulose im Vordergrund: Räumliche Isolierung (s. auch [Dauer der Ansteckungsfähigkeit](#)), Hustenetikette, eine adäquate Raumbelüftung sowie geeigneter Atemschutz (FFP2-Masken für Kontaktpersonen und adäquate Atemschutzmasken für Personal, Mund-Nasen-Schutz für Erkrankte in Anwesenheit anderer). Bezüglich Desinfektionsmaßnahmen im stationären, ambulanten und häuslichen Bereich sei an dieser Stelle auf die entsprechenden Empfehlungen verwiesen.<sup>18,19</sup> Für die Schlussdesinfektion in Einrichtungen des Gesundheitswesens sind Mittel bzw. Verfahren mit tuberkulozider Wirksamkeit zu verwenden. Eine Übersicht zu Desinfektionsmittel mit nachgewiesener Wirksamkeit gegen Mykobakterien findet sich z. B. in der [Liste des Verbunds für Angewandte Hygiene e. V. \(VAH-Liste\)](#) bzw. – für die behördlich angeordnete Desinfektion – in der [RKI-Liste](#).

Der **Umgang mit infektiösen Verstorbenen** ist in den Seuchen- und Infektionsalarmplänen, den Bestattungsgesetzen der Bundesländer und der Information 214-021 der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung „Biologische Arbeitsstoffe beim Umgang mit Verstorbenen“ geregelt. Erreger werden durch den Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe (ABAS) in Risikogruppen eingestuft. Es wird daher empfohlen, auf dem Totenschein bzw. Leichenschauschein die Erkrankung namentlich zu benennen. Datenschutzrechtliche Bestimmungen der Länder sind dabei zu beachten. Für in Bestattungsunternehmen tätige Personen gelten auch die arbeitsschutzrechtlichen Regelungen nach der BioStoffV. Eine individuelle Gefährdungsbeurteilung muss vor Arbeitsaufnahme durchgeführt werden, um das individuelle Infektionsrisiko abzuschätzen und entsprechende Schutzmaßnahmen ergreifen zu können. Für weitere Informationen hierzu verweisen wir auf die Vorgaben des Arbeitsschutzes (s. u. auch TRBA 250) und auf die [Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin \(BAuA\)](#) sowie auf die bestattungsrechtlichen Regelungen des jeweiligen Bundeslandes.

### 3. Gemeinschaftseinrichtungen (gemäß § 33 IfSG, u. a. Kindergärten, Schulen, Heime)

Gemäß § 34 Abs. 1 Nr. 8 IfSG dürfen Personen, die an ansteckungsfähiger Lungentuberkulose erkrankt oder dessen verdächtig sind, in Gemeinschaftseinrichtungen keine Lehr-, Erziehungs-, Pflege-, Aufsichts- oder sonstigen Tätigkeiten ausüben, bei denen sie Kontakt zu den dort Betreuten haben. Dieses Verbot gilt gemäß Satz 2 der Vorschrift entsprechend auch für die in Gemeinschaftseinrichtungen Betreuten mit (Verdacht auf oder Erkrankung an) ansteckungsfähiger Lungentuberkulose. Sie dürfen die dem Betrieb der Gemeinschaftseinrichtung dienenden Räume nicht betreten, deren Einrichtungen nicht benutzen und an Veranstaltungen der Gemeinschaftseinrichtung nicht teilnehmen.

Vorausgesetzt, es gib keine Hinweise auf Medikamentenresistenz und es liegen ein klinisches Ansprechen auf die Therapie und ausreichende Therapieadhärenz vor, so ist eine Wiedenzulassung in der Regel drei Wochen nach Beginn der Behandlung möglich. Bei initial mikroskopisch positiver Tuberkulose gelten als Anhalt drei mikroskopisch negative Sputa (Abstand der Proben mind. acht Stunden) bzw. bei Kindern alternativ ein klinisches Ansprechen und mindestens 21 Tage adäquate Therapie. Bei M/XDR-TB wird mindestens eine negative Kultur empfohlen.<sup>26</sup> Die genannten Kriterien sind als Entscheidungshilfe zu verstehen. Grundsätzlich muss die **ärztliche Entscheidung über die Ansteckungsfähigkeit und damit über Wiedenzulassung zu Schulen und sonstigen Gemeinschaftseinrichtungen bzw. zu beruflicher Tätigkeit** in Gesamtschau aller klinischen, bakteriologischen und ggf. radiologischen Befunde sowie der Therapieadhärenz für jede an ansteckungsfähiger Lungentuberkulose erkrankte **Person individuell getroffen werden** (s. auch [Dauer der Ansteckungsfähigkeit](#)). Unter wirksamer Behandlung nimmt die Sputumproduktion in der Regel rasch ab, daher ist gerade im Kindesalter, in dem sich die Materialgewinnung häufig aufwendig und belastend gestaltet, der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit zu berücksichtigen. Für weitere Informationen s. die [Empfehlungen des RKI für die Wiedenzulassung zu Gemeinschaftseinrichtungen gemäß § 34 IfSG](#).<sup>26</sup>

Personen, in deren Wohngemeinschaft ein Verdacht auf oder eine Erkrankung an ansteckungsfähiger Lungentuberkulose aufgetreten ist, dürfen gemäß § 34 Abs. 3 Nr. 6 IfSG Gemeinschaftseinrichtungen ebenfalls nicht betreten bzw. in ihnen tätig sein. Diese Kontaktpersonen unterliegen den im Rahmen der Umgebungsuntersuchungen erforderlichen üblichen Kontrollmaßnahmen.<sup>12</sup> Es ist auf tuberkuloseverdächtige Symptome, insbesondere auf Husten unklarer Ursache, zu achten. Kontaktpersonen, bei denen eine latente tuberkulöse Infektion diagnostiziert wurde, sind nicht krank und damit nicht ansteckungsfähig. Der Besuch von oder die Tätigkeit in Gemeinschaftseinrichtungen ist für Kontakte in der Wohngemeinschaft dann möglich, wenn sich keine Hinweise auf das Vorliegen einer Tuberkulose ergeben haben. Siehe auch [Umgang mit Kontaktpersonen](#).

#### 4. Umgang mit Kontaktpersonen

Welche **Kontaktpersonen** kontaktiert und in eine Umgebungsuntersuchung eingeschlossen werden und ob eine Quellensuche erforderlich ist, bewertet und entscheidet das lokale Gesundheitsamt.<sup>12</sup> In Fällen, in denen unklar ist, wer auf lokaler Ebene für den Indexfall bzw. die Kontaktpersonen zuständig ist, nehmen die übergeordneten nationalen bzw. internationalen Gesundheitsbehörden Kontakt zu den betroffenen Personen auf, um anhand der Postleitzahl das zuständige Gesundheitsamt zu ermitteln (z. B. bei internationalen, grenzüberschreitenden Infektionsgeschehen oder bei Exposition im Rahmen von Langstreckenflügen oder Fernbusreisen).

Das Infektionsrisiko hängt vor allem von Häufigkeit, Dauer und Intensität des Kontakts zum ansteckungsfähigen Indexfall sowie vom Ausmaß der Erregerausscheidung beim Indexfall ab. Als Richtschnur für einen engen, infektionsrelevanten Kontakt gilt bei mikroskopisch positivem Indexfall eine Exposition in geschlossenen Räumen bzw. Verkehrsmitteln über insgesamt mindestens acht Stunden. Bei Indexfällen mit lediglich kulturellem oder molekularbiologischem Erregernachweis orientiert sich die Bewertung an einer kumulativen Expositionszeit von insgesamt mindestens 40 Stunden. Individuell und davon abweichend zu bewerten sind besonders intensive, auch einmalige Kontakte ohne geeignete Schutzmaßnahmen, ebenso die Expositi-

on besonders suszeptibler Personen (z. B. Säuglinge und Kleinkinder).

**Kontaktpersonen im Kindesalter** sind umgehend in die Umgebungsuntersuchung einzubeziehen und leitliniengerecht zu testen.<sup>12,17</sup> Bei Kindern unter fünf Jahren mit initial negativem Test besteht die Indikation für eine **Chemoprophylaxe**,<sup>12,17</sup> bei infizierten, aber noch nicht erkrankten Kontaktpersonen für eine **präventive Therapie (Chemoprävention)**<sup>10</sup> (s. Ausführungen unter **Präventive Behandlung der latenten tuberkulösen Infektion** im Abschnitt zur [Therapie](#)).

Hinsichtlich des Umgangs mit Kontaktpersonen mit Bezug zu Gemeinschaftseinrichtungen s. Abschnitt [Gemeinschaftseinrichtungen](#) (gemäß § 33 IfSG, u. a. Kindergärten, Schulen, Heime) unter [Maßnahmen für Einzelerkrankungen](#).

#### 5. Maßnahmen bei Ausbrüchen

Neben der Eruiierung epidemiologischer Zusammenhänge hilft die molekulare Feintypisierung isolierter Bakterienstämme mit nachfolgender Verknüpfung der molekularen Daten mit den Meldedaten bei der Erkennung und Aufklärung von Ausbrüchen und Infektionsketten (**integrierte molekulare Surveillance**, IMS, s. auch [www.rki.de/imstb](http://www.rki.de/imstb)). Daher sollten alle Isolate eines vermuteten Ausbruchs einem Labor mit Möglichkeiten zu dieser Untersuchung zugeführt werden. Das betreffende Labor sollte die Ergebnisse der molekularen Typisierung mittels Gesamtgenomsequenzierung sowie den Typisierungs-Identifizier (sofern vorhanden) dem zuständigen Gesundheitsamt zeitnah mitteilen.

Bezüglich der Unterbrechung von Infektionsketten s. [Umgang mit Kontaktpersonen](#).

### Gesetzliche Grundlage

#### Meldepflicht gemäß IfSG

Dem Gesundheitsamt werden gemäß § 6 Abs. 1 Nr. 1a Buchst. a IfSG die Erkrankung und der Tod in Bezug auf eine behandlungsbedürftige Tuberkulose namentlich gemeldet, auch wenn ein bakteriologischer Nachweis nicht vorliegt. Zusätzlich ist gemäß § 6 Abs. 2 IfSG dem Gesundheitsamt mitzutei-

len, wenn Personen, die an einer behandlungsbedürftigen Lungentuberkulose leiden, eine Behandlung verweigern oder abbrechen.

Gemäß §7 Abs.1 Nr. 34 IfSG müssen der Nachweis säurefester Stäbchen im Sputum, der kulturelle oder molekularbiologische Nachweis von Tuberkulosebakterien, mit Ausnahme von *M. bovis* BCG, sowie die Ergebnisse der Empfindlichkeitsprüfung an das zuständige Gesundheitsamt gemeldet werden.

Die Meldungen müssen dem Gesundheitsamt spätestens innerhalb von 24 Stunden vorliegen. Die Meldung gemäß §7 Abs.1 IfSG muss elektronisch über DEMIS erfolgen.

In §8 IfSG werden die zur Meldung verpflichteten Personen benannt ([https://www.gesetze-im-internet.de/ifsg/\\_\\_\\_8.html](https://www.gesetze-im-internet.de/ifsg/___8.html)). In §9 IfSG ist festgelegt, welche Angaben die namentliche Meldung an das Gesundheitsamt enthalten darf.

#### Hinweis

In der Praxis wird somit jeder Fall meldepflichtig, bei dem eine Kombinationstherapie zur Behandlung einer Tuberkulose eingeleitet wurde oder (falls dies nicht möglich war, z. B. bei Diagnose post mortem) eine ärztliche Indikation hierzu vorlag. Bei der Tuberkulose ist ferner zu beachten, dass weitere Angaben, wie z. B. das Geburtsland und die Staatsangehörigkeit, ggf. das Jahr der Einreise meldepflichtig sind.

#### Benachrichtigungspflicht gemäß IfSG

Leiterinnen und Leiter von Gemeinschaftseinrichtungen haben gemäß §34 Abs. 6 IfSG das zuständige Gesundheitsamt unverzüglich zu benachrichtigen,

- ▶ wenn in ihrer Einrichtung betreute oder betreuende Personen an ansteckungsfähiger Lungentuberkulose erkrankt oder dessen verdächtig sind oder
- ▶ wenn in den Wohngemeinschaften der in ihrer Einrichtung betreuten oder betreuenden Personen nach ärztlichem Urteil eine Erkrankung an oder ein Verdacht auf eine ansteckungsfähige Lungentuberkulose aufgetreten ist.

Eine Benachrichtigungspflicht besteht nicht, wenn der Leitung ein Nachweis darüber vorliegt, dass die

Meldung des Sachverhalts gemäß §6 IfSG bereits erfolgt ist.

#### Übermittlung

Gemäß §11 Abs.1 IfSG werden die verarbeiteten Daten zu meldepflichtigen Krankheiten und Nachweisen von Krankheitserregern anhand der Falldefinitionen gemäß §11 Abs. 2 IfSG bewertet und spätestens am folgenden Arbeitstag durch das zuständige Gesundheitsamt an die zuständige Landesbehörde sowie von dort spätestens am folgenden Arbeitstag dem RKI übermittelt.

Die vom RKI erstellten Falldefinitionen sind auf den Internetseiten des RKI unter [www.rki.de/falldefinitionen](http://www.rki.de/falldefinitionen) veröffentlicht.

#### Hinweis

Das Behandlungsergebnis ist für die epidemiologische Bewertung und Kontrolle der Tuberkulose von Bedeutung und sollte deshalb vom Gesundheitsamt an das RKI übermittelt werden.

### Beratung und Spezialdiagnostik

Das RKI führt keine individuelle medizinische Beratung zu Klinik, Therapie oder Impfungen durch. Bitte wenden Sie sich ggf. an Ärztinnen und Ärzte oder Kliniken in Ihrer Nähe, bei denen eine Spezialisierung für Infektionskrankheiten bzw. für Lungenerkrankungen und Expertise in der Diagnose und Therapie der Tuberkulose besteht, bzw. an die unten angegebenen beratenden Stellen. Bezüglich Fragen zur Wiederzulassung in Gemeinschaftseinrichtungen oder der Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit kontaktieren Sie bitte Ihr lokales Gesundheitsamt (<https://tools.rki.de/plztool/>).

### Beratung zur Epidemiologie

#### Robert Koch-Institut

Abteilung für Infektionsepidemiologie  
Fachgebiet 36 – Respiratorisch übertragbare Erkrankungen  
Seestraße 10, 13353 Berlin

Ansprechpartner: Prof. Dr. Walter Haas  
Tel.: 030 18754-3328  
E-Mail: [Ratgeber@rki.de](mailto:Ratgeber@rki.de)

### Weitere Beratung

#### Deutsches Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose (DZK)

Walterhöferstraße 11, Haus Q, 14165 Berlin  
Generalsekretär: Prof. Dr. Torsten Bauer  
Tel.: 030 81 49 09 22  
E-Mail: [info@dzk-tuberkulose.de](mailto:info@dzk-tuberkulose.de)  
Homepage: [www.dzk-tuberkulose.de](http://www.dzk-tuberkulose.de)

#### Arbeitskreis Tuberkulose des Fachausschusses Infektionsschutz des Bundesverbandes des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (BVÖGD)

Vorsitzender: Dr. Martin Priwitzer,  
Gesundheitsamt Stuttgart  
Tel.: 0711 216-59331  
E-Mail: [Martin.Priwitzer@stuttgart.de](mailto:Martin.Priwitzer@stuttgart.de)

#### Beratungsnetzwerk Tuberkulose des ÖGD:

<https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/T/Tuberkulose/Beratungsnetzwerk-TB-OeGD.html>

#### TBInfo Beratungsangebot für Behandler und Mitarbeitende des Öffentlichen Gesundheitsdienstes

Ansprechpartner:

Prof. Dr. med. Dr. h.c. Christoph Lange  
Medizinischer Direktor, Forschungszentrum Borstel  
Parkallee 35, 23845 Borstel  
Tel.: 04537 188 0/-1882110  
E-Mail: [clange@fz-borstel.de](mailto:clange@fz-borstel.de)  
Homepage: <https://fz-borstel.de>

### Beratung zur Spezialdiagnostik

#### Nationales Referenzzentrum für Mykobakterien

Leitung: Prof. Dr. med. Florian Maurer  
Forschungszentrum Borstel  
Parkallee 18, 23845 Borstel  
Tel.: 04537 188-2110  
Fax: 04537 188-3110  
E-Mail: [nrz@fz-borstel.de](mailto:nrz@fz-borstel.de)  
Homepage: <https://fz-borstel.de>

### Weitere Informationen

#### RKI

[www.rki.de/tuberkulose](http://www.rki.de/tuberkulose)

#### Deutsches Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose

[www.dzk-tuberkulose.de](http://www.dzk-tuberkulose.de)

#### Nationales Referenzzentrum für Mykobakterien (NRZ) am Forschungszentrum Borstel

[nrz.fz-borstel.de](http://nrz.fz-borstel.de)

#### Mehrsprachige Patienteninformationen: Explain TB

[www.explaintb.org](http://www.explaintb.org)

#### European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC)

[www.ecdc.europa.eu/en/tuberculosis](http://www.ecdc.europa.eu/en/tuberculosis)

#### Weltgesundheitsorganisation (WHO)

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>

## Literatur

- 1 Nowag A, Hartmann P: Immunität gegen *Mycobacterium tuberculosis*. Internist 2016; 57: 107-116. DOI: 10.1007/s00108-015-0016-4
- 2 Robert Koch-Institut: Dokumente und Links zu Lepra. <https://www.rki.de/lepra>
- 3 Stellungnahmen des Arbeitskreises Blut des Bundesministeriums für Gesundheit Arbeitskreis Blut: *Mycobacterium leprae* – der Erreger von Lepra. Bundesgesundheitsbl 2016; 59: 1508–1521. DOI: 10.1007/s00103-016-2451-3
- 4 Daley CL, Iaccarina JM, Lange C, et al.: Treatment of nontuberculous mycobacterial pulmonary disease: an official ATS/ERS/ESCMID/IDSA clinical practice guideline. European Respiratory Journal 2020; 56: 2000535; DOI: 10.1183/13993003.00535-2020
- 5 World Health Organization: Global Tuberculosis Reports. <https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports>
- 6 European Centre for Disease Prevention and Control/WHO Regional Office for Europe: Tuberculosis surveillance and monitoring in Europe. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/tuberculosis-surveillance-and-monitoring-europe>
- 7 Robert Koch-Institut: Berichte zur Epidemiologie der Tuberkulose in Deutschland. [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/T/Tuberkulose/Archiv\\_Berichte\\_TB\\_in\\_Dtl\\_tab.html;jsessionid=E139121948DFDA1268D1C760B4F92EE2.internet101](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/T/Tuberkulose/Archiv_Berichte_TB_in_Dtl_tab.html;jsessionid=E139121948DFDA1268D1C760B4F92EE2.internet101)
- 8 Diel R, Schaberg T, Nienhaus A, et al.: Joint Statement (DZK, DGRh, DDG) on the Tuberculosis Risk with Treatment Using Novel Non-TNF-Alpha Biologicals. Pneumologie 2021; 75(4): 293-303. DOI: 10.1055/a-1294-1580
- 9 Deutsches Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose: Empfehlungen für das Tuberkulose-Screening vor Gabe von TNF-alpha-Inhibitoren bei rheumatischen Erkrankungen. Pneumologie 2009; 63: 329–334 und Z Rheumatol 2009; 68:411–416.
- 10 Deutsches Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose: S2k-Leitlinie: Tuberkulose im Erwachsenenalter. Eine Leitlinie zur Diagnostik und Therapie, einschließlich Chemoprävention und -prophylaxe. Pneumologie 2017; 71(06): 325-397. DOI: 10.1055/s-0043-105954. Jeweils aktuellste Version abrufbar unter <https://www.dzk-tuberkulose.de/aerzte/leitlinien-und-empfehlungen/>.
- 11 Riojas MA, McGough KJ, Rider-Riojas CJ, et al.: Phylogenomic analysis of the species of the *Mycobacterium tuberculosis* complex demonstrates that *Mycobacterium africanum*, *Mycobacterium bovis*, *Mycobacterium caprae*, *Mycobacterium microti* and *Mycobacterium pinnipedii* are later heterotypic synonyms of *Mycobacterium tuberculosis*. Int J Syst Evol Microbiol 2018; 68(1):324-332. DOI: 10.1099/ijsem.0.002507
- 12 Deutsches Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose: Neue Empfehlungen für die Umgebungsuntersuchungen bei Tuberkulose. Pneumologie 2011; 65: 359–378 und Gesundheitswesen 2011; 73:369–388. Jeweils aktuellste Version abrufbar unter <https://www.dzk-tuberkulose.de/aerzte/leitlinien-und-empfehlungen/>.
- 13 Stellungnahme des Arbeitskreises Blut des Bundesministeriums für Gesundheit: *Mycobacterium tuberculosis*. Bundesgesundheitsbl 2018; 61: 100-115. DOI: 10.1007/s00103-017-2660-4
- 14 Snow KJ, Bekker A, Huang GK, et al. Tuberculosis in pregnant women and neonates: A meta-review of current science. Paediatric Respiratory Reviews 2020; 36: 27-32. DOI: 10.1016/j.prrv.2020.02.001
- 15 Loveday M, Hlangu S, Furin J: Breastfeeding in women living with tuberculosis. Int J Tuberc Lung Dis 2020; 24(9): 880-891. DOI: 10.5588/ijtld.20.0122
- 16 Moser I: Tuberkulose bei Nutz- und Wildtieren und ihre Bedeutung in Deutschland. Epid Bull 2012; 12:104–105
- 17 Deutsches Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose: S2k-Leitlinie zur Diagnostik, Prävention und Therapie der Tuberkulose im Kindes- und Jugendalter. Pneumologie 2017; 71(10): 629-680. DOI: 10.1055/s-0043-116545. Jeweils aktuellste Version abrufbar unter <https://www.dzk-tuberkulose.de/aerzte/leitlinien-und-empfehlungen/>.
- 18 Deutsches Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose: Infektionsprävention bei Tuberkulose. Pneumologie 2012; 66(05): 269-282 DOI: 10.1055/s-0031-1291582. Jeweils aktuellste Version abrufbar unter <https://www.dzk-tuberkulose.de/aerzte/leitlinien-und-empfehlungen/>.
- 19 Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut: Infektionsprävention im Rahmen der Pflege und Behandlung von Patienten mit übertragbaren Krankheiten. Bundesgesundheitsbl

2015; 58: 1151–1170. DOI: 10.1007/s00103-015-2234-2  
[http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Kommission/Downloads/Infektionspraev\\_Pflege\\_Diagnostik\\_Therapie.pdf](http://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Kommission/Downloads/Infektionspraev_Pflege_Diagnostik_Therapie.pdf)

- 20 DIN 58943-32:2015-05, D. Beiblatt 1 – Medizinische Mikrobiologie – Tuberkulosedagnostik – Teil 4: Primärproben zur Tuberkulose- und Mykobakteriosediagnostik – Qualitative und quantitative Anforderungen, Gewinnung, Transport und Aufbewahrung – Beiblatt 1: Verhütung von Kontaminationen der Patientenproben mit Mykobakterien bei der Aufarbeitung im Labor; 2011
- 21 Bös L, Kröger S, Niemann S, et al.: [Vorstellung des Projektes „Public-Health-Beitrag einer bundesweiten integrierten molekularen Surveillance am Beispiel der Tuberkulose \(PHIMS-TB\)“](#). Epid Bull 2021; 11:20-22. DOI: 10.25646/8071
- 22 Priwitzer M, Götsch U: [Stationäre Krankenhausbehandlung von Tuberkulosepatienten und Management der MDR-TB: Eine Arbeitshilfe für den ÖGD](#). Epid Bull 2017;11/12:105-106. DOI: 10.17886/EpiBull-2017-014
- 23 Forßbohm M, Loytved G, Königstein B (Hrsg): Handbuch Tuberkulose für Fachkräfte an Gesundheitsämtern. 1. Auflage 2009, Akademie für öffentliches Gesundheitswesen Düsseldorf, derzeit in Überarbeitung
- 24 World Health Organization: Meeting report of the WHO expert consultation on the definition of extensively drug-resistant tuberculosis, 27-29 October 2020. ISBN 978-92-4-001866-2
- 25 Nienhaus, Brandenburg, Teschler (Hrsg): Tuberkulose als Berufskrankheit – Ein Leitfaden zur Begutachtung und Vorsorge. 4. aktualisierte Auflage 2017, ecomed Verlag, ISBN 978-3609165028
- 26 Robert Koch-Institut: Empfehlungen für die Wiedenzulassung zu Gemeinschaftseinrichtungen gemäß § 34 Infektionsschutzgesetz, Stand: 13.01.2020. [https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Wiedenzulassung/Wiedenzulassung\\_Tabelle.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Wiedenzulassung/Wiedenzulassung_Tabelle.pdf?__blob=publicationFile)

---

## Autorinnen und Autoren

Robert Koch-Institut

## Korrespondenz

Hinweise zur Reihe „RKI-Ratgeber“ richten Sie bitte an das Robert Koch-Institut, Abteilung für Infektionsepidemiologie ([Ratgeber@rki.de](mailto:Ratgeber@rki.de)) oder an die Redaktion des Epidemiologischen Bulletins ([EpiBull@rki.de](mailto:EpiBull@rki.de)).

---

## Vorgeschlagene Zitierweise

Robert Koch-Institut: RKI-Ratgeber Tuberkulose

Epid Bull 2022;11: 24-39 | DOI 10.25646/9762

(Dieser Artikel ist online vorab am 3. März 2022 erschienen.)