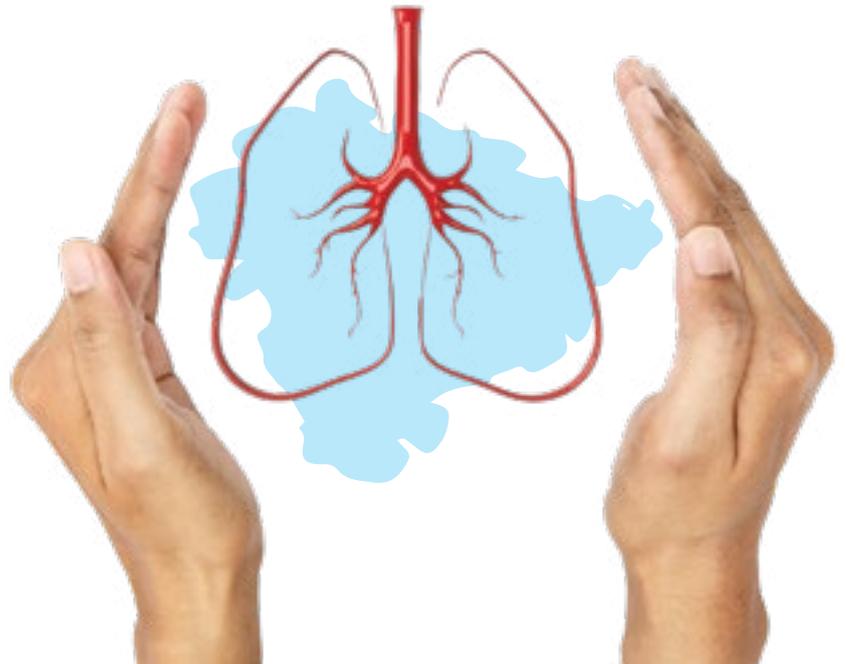


**GESUNDHEITSBERICHT 2025:  
TUBERKULOSE IN DER REGION HANNOVER**



# GESUNDHEITSBERICHT ZU TUBERKULOSE IN DER REGION HANNOVER



# VORWORT

Tuberkulose – eine Krankheit, die wir oft mit historischen Bildern und längst vergangenen Zeiten verbinden – ist auch heute noch eine Herausforderung für die öffentliche Gesundheit, sowohl weltweit als auch in Deutschland. In der Region Hannover beobachten wir die Auswirkungen dieser Krankheit in einem Kontext, der von fortschrittlichen Gesundheitssystemen und präventiven Maßnahmen geprägt ist, aber dennoch mit globalen Herausforderungen wie Migration, soziale Ungleichheit und Antibiotikaresistenzen konfrontiert wird.

Dieser Bericht bietet einen umfassenden Überblick über die aktuelle Situation der Tuberkulose in der Region Hannover. Neben der Darstellung epidemiologischer Daten geht es darum, auf die Bedeutung frühzeitiger Diagnostik, effektiver Behandlung und gezielter Präventionsstrategien hinzuweisen. Darüber hinaus widmet sich ein eigenes Kapitel der Geschichte der Tuberkulose, um die historischen Zusammenhänge zu beleuchten und zu zeigen, wie wissenschaftliche Fortschritte und gesellschaftliche Entwicklungen den heutigen Umgang mit der Krankheit geprägt haben. Der Bericht zielt darauf ab, das Bewusstsein für Tuberkulose in der Bevölkerung sowie bei Fachkräften im Gesundheitswesen zu stärken und Handlungsempfehlungen für die Praxis zu geben.

Ein besonderes Augenmerk wird auf die Arbeit der Beratungsstelle Tuberkulose des Fachbereichs Gesundheitsmanagement der Region Hannover gelegt, die mit großem Engagement daran arbeitet, Tuberkulose-

fälle zu identifizieren, Infektionsketten zu unterbrechen und Betroffene sowie ihre Kontaktpersonen zu betreuen. Dabei ist es wichtig, dass medizinische, soziale und kulturelle Aspekte gleichermaßen berücksichtigt werden, um den individuellen Bedürfnissen gerecht zu werden und die Verbreitung der Krankheit effektiv einzudämmen.

Wir danken allen Fachkräften und Institutionen, die durch ihre Arbeit und Forschung einen wertvollen Beitrag zur Bekämpfung von Tuberkulose leisten. Ihre kontinuierlichen Bemühungen sind ein Schlüssel, um den gesundheitlichen Herausforderungen unserer Zeit zu begegnen und die Region Hannover zu einem sicheren Ort für alle Menschen zu machen.

Mit diesem Bericht laden wir Sie ein, sich intensiv mit dem Thema Tuberkulose zu beschäftigen.

## Ein paar Worte vorab

Mit der vorliegenden Neuauflage des Gesundheitsberichts zu Tuberkulose in der Region Hannover informieren wir Sie über die aktuelle Entwicklung der Erkrankungszahlen, wie auch der Diagnose und der Therapiemöglichkeiten. Angesichts der zurückliegenden Pandemie wird es auch einen Abschnitt zu COVID-19 und Tuberkulose geben.

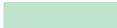
Der Fachbereich Gesundheitsmanagement der Region Hannover leistet seit vielen Jahren qualitativ hochwertige Arbeit auf dem Gebiet der infektiösen Lungenerkrankung und ist bundesweit für viele Gesundheitsämter anderer Kommunen ein fachkundiger Ansprechpartner.

Es ist uns ein Anliegen, die Gesundheitsberichte so zu gestalten, dass sie insbesondere von interessierten Menschen gelesen werden können, die nicht unmittelbar im medizinischen Bereichen tätig sind. In dieser Neuauflage findet sich auch ein geschichtlicher Abriss zur Tuberkulose, die uns seit Menschengedenken begleitet.

*Marlene Graf –  
Fachbereichsleitung Gesundheitsmanagement  
der Region Hannover*



# INHALT

	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> _____	<b>8</b>
	<b>EINLEITUNG</b> _____	<b>10</b>
	<b>TUBERKULOSE – EIN HISTORISCHER ABRISS</b> _____	<b>13</b>
	Antike _____	13
	Mittelalter _____	14
	Renaissance _____	14
	Neuzeit _____	15
	COVID-19, Krieg und Tuberkulose _____	19
	<b>HINTERGRUND ZUR KRANKHEIT TUBERKULOSE</b> _____	<b>23</b>
	<b>EPIDEMIOLOGIE</b> _____	<b>28</b>
	Weltweite Erfassung der Neumeldungen von Tuberkuloseerkrankungen _____	28
	Schätzungen von Todesfällen aufgrund von Tuberkulose weltweit _____	30
	Deutschland und die Region Hannover _____	31
	Neuerkrankungen _____	32
	Anlass der Diagnosestellung _____	34
	Sterblichkeit _____	35

<b>DIAGNOSTIK UND BEHANDLUNG</b>	<b>36</b>
Spezifische Diagnoseverfahren der Tuberkuloseinfektion und der Tuberkuloseerkrankung	36
Behandlung	46
Prophylaxe/Prävention	50
Impfungen	52
Kosten	53
<b>AUFGABEN DES ÖFFENTLICHEN GESUNDHEITS- DIENSTES IM BEREICH TUBERKULOSE</b>	<b>55</b>
Gesetzliche Grundlagen	55
Personelle und technische Ausstattung im Fachbereich Gesundheitsmanagement der Region Hannover	57
Betreuung und Überwachung aktiver Tuberkulosefälle	57
Diagnose und Meldung eines Tuberkulosefalles	58
Die Arbeit der Beratungsstelle Tuberkulose in der Praxis	68
Studien in der Beratungsstelle Tuberkulose	74
<b>DISKUSSION</b>	<b>76</b>
<b>LITERATUR</b>	<b>80</b>
<b>ANHANG</b>	<b>86</b>
Genotypisierung und Clusteranalyse von Mycobacterium tuberculosis Komplex Stämmen	87
Das Deutsche Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose (DZK e.V.)	89
<b>BILDNACHWEISE</b>	<b>91</b>

# ZUSAMMENFASSUNG

Tuberkulose zählt zu den meldepflichtigen Infektionskrankheiten. Neben HIV und Malaria fordert sie weltweit die meisten Todesopfer. Für das Jahr 2022 schätzt die Weltgesundheitsorganisation WHO insgesamt 10,6 Millionen Neuerkrankungen und 1,3 Millionen Todesfälle als Folge der Erkrankung (WHO, 2023).

In wohlhabenden Industrieländern wie Deutschland geht die Zahl der neu gemeldeten Tuberkuloseerkrankungen dank der relativ guten Behandelbarkeit insgesamt zurück. Von 2012 bis 2016 zeigte sich dennoch eine leichte Trendumkehr. 2020 befand sich die Zahl der gemeldeten Neuerkrankungen wieder unter dem Niveau von 2012. Nach dem jährlich erscheinenden Bericht des Robert Koch-Institutes (2023) gab es in Deutschland für das Jahr 2021 im Schnitt 4,7 Neuerkrankungen pro 100.000 Einwohner\*innen. Dies war der niedrigste Stand seit der Einführung des aktuellen Infektionsschutzgesetzes (IfSG) im Jahr 2001. Für das Jahr 2022 zeigt sich nach dem neuen Bericht wieder ein leichter Anstieg der gemeldeten Erkrankungen auf 4.076 Fälle (Meldestand 1.3.2023), was einer Inzidenz von 4,9 Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner\*innen entspricht (RKI, 2023a).

Tuberkulose wird überwiegend von Mensch zu Mensch übertragen und befällt meist die Lunge. Die Erkrankung kann aber auch andere Organe befallen oder im schlimmsten Fall generalisieren, sich also im gesamten Körper verteilen. In den meisten Fällen erfolgt die Infektion mit Tuberkulosebakterien über eine sogenannte Tröpfcheninfektion durch Niesen, Husten oder Sprechen einer erkrankten Person. Die WHO schätzt, dass etwa ein Viertel der

Weltbevölkerung mit Tuberkulosebakterien infiziert (nicht erkrankt!) ist (RKI 2024). Bei geschätzten fünf bis zehn Prozent der Infizierten ist die eingedrungene Erregermenge jedoch so groß oder die körpereigene Abwehr so geschwächt, dass die Tuberkulosebakterien nicht vernichtet werden können und die Erkrankung nach einer Zeit ausbricht.

Die Tuberkuloseerkrankung äußert sich zu Beginn entweder ganz ohne Krankheitsgefühl oder in geringen Beschwerden wie allgemeine Schwäche, ungewollte Gewichtsabnahme und Nachtschweiß.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, eine Tuberkulose zu diagnostizieren. Neben der Röntgenuntersuchung der Lunge ist das vor allem der sichere Nachweis der Erreger in einer Kultur.

Wenn eine erkrankte Person Tuberkulosebakterien aushustet, also eine offene Tuberkulose vorliegt, ist dies eine Gefahr für

sie selbst oder ihre Umgebung. Menschen, die sich in engem Kontakt mit dem oder der Erkrankten befinden (beispielsweise Familie, Berufskolleg\*innen, Freund\*innen oder Mitschüler\*innen), sind besonders gefährdet und müssen nach Bekanntwerden der Erkrankung untersucht werden. Eine möglichst rasche Diagnose und der umgehende Behandlungsbeginn nützen der erkrankten Person selbst und sind der sicherste Weg, weitere Ansteckungen anderer Menschen mit Tuberkulose zu verhindern.

Die erkrankte Person wird im zuständigen Gesundheitsamt registriert und im Regelfall über die gesamte Krankheitsdauer neben der akutmedizinischen Therapie mitbetreut. Die Arbeit der Beratungsstelle Tuberkulose der Region Hannover dient demzufolge dem individuellen Gesundheitsschutz der erkrankten Person wie auch dem Gesundheitsschutz der Kontaktpersonen aus der Bevölkerung.



# EINLEITUNG

Tuberkulose begleitet die Menschheit schon seit Jahrtausenden und bleibt trotz anhaltenden medizinischen Fortschritts eine bedeutende Herausforderung für die globale Gesundheitsgemeinschaft. Die ansteckende Infektionskrankheit, verursacht durch das *Mycobacterium tuberculosis*, befällt jedes Jahr Millionen von Menschen auf der Welt und hat einen nachhaltigen negativen Einfluss auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der betroffenen Gemeinschaften. Tuberkulose kennt keine Landesgrenzen und ist in allen Teilen der Welt in unterschiedlichem Ausmaß präsent.

In Deutschland kennen die meisten Menschen Tuberkulose eher aus der Literatur oder historischen Werken. 2022 waren bundesweit verteilt über das Jahr etwas über 4.000 Menschen an Tuberkulose erkrankt. Die meisten in Deutschland lebenden Menschen haben während ihres Lebens dementsprechend keinen Kontakt zu einer der ältesten Infektionskrankheiten. Weltweit gesehen lag sie nach dem letzten Bericht der WHO zur Tuberkulose von 2019 auf Platz 13 der Todesursachen, hinter Verkehrstoten (WHO, 2022).

Vor gut zehn Jahren stand die Tuberkulose in der Region Hannover durch medienwirksame Erkrankungsfälle häufiger als zuvor im Fokus der Medien. Insbesondere der tragische Fall der an Tuberkulose verstorbenen jungen Frau (siehe auch Fallbeschreibung 3 im Bericht), die im Sommer 2012 in einer Grünanlage in Hannover gefunden wurde, bewegte die Region. Dies nahm der Fachbereich Gesundheitsmanagement der Region Hannover damals zum Anlass, einen Gesundheitsbericht zum Thema Tuberkulose zu verfassen. Tuberkulosebekämpfung ist und bleibt eine Herausforderung für die Gesundheitssysteme. Daher haben wir uns entschlossen, diesen Bericht zu aktualisieren.

Der Tuberkuloseerreger wurde bereits im 20. Jahrhundert von einigen Expert\*innen als Erreger mit Potenzial für eine vollständige Elimination betrachtet. Dieser Optimismus führte dazu, dass Gelder für Präventionsprogramme gestrichen und diverse Tuberkulosesanatorien geschlossen wurden (Böhmer, 2006).



Abbildung 1: Liegekur im Tuberkulosesanatorium

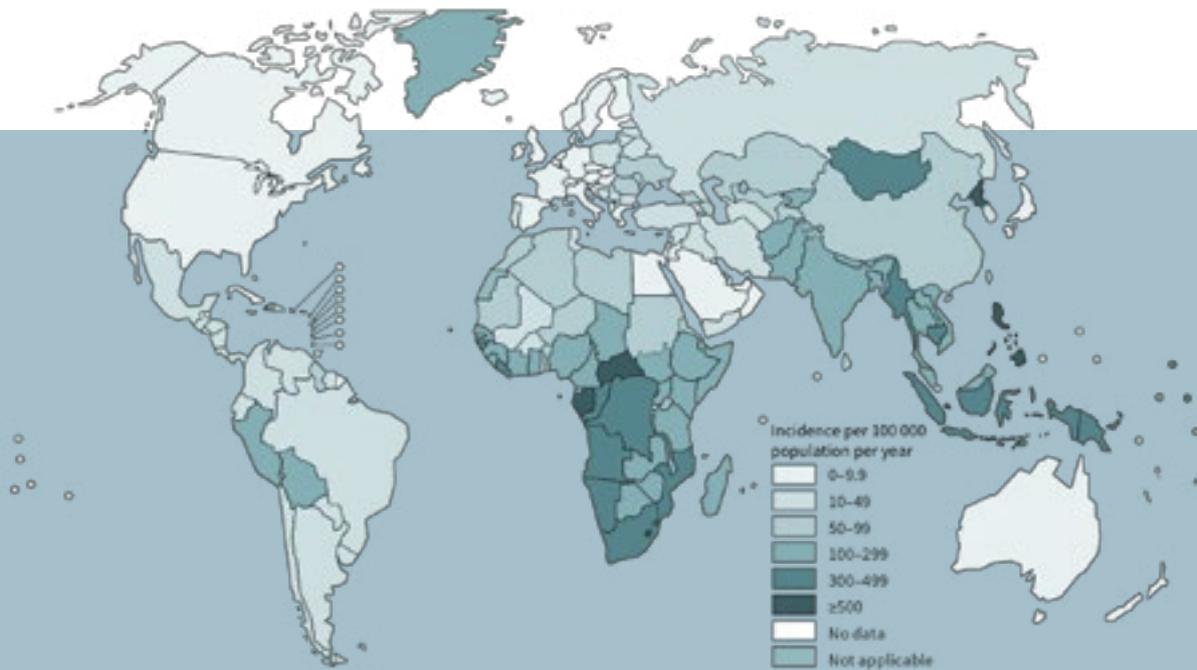


Abbildung 2: Geschätzte Zahl Tuberkulose-Neuerkrankungen im Jahr 2022

In der Tat ist die Zahl der Erkrankten in Deutschland in den vergangenen Jahrzehnten deutlich zurückgegangen und es gibt wirkungsvolle, gut verträgliche Behandlungsmöglichkeiten. Für die meisten Erkrankten in Deutschland bedeutet die Krankheit kein langes Leiden ohne Hoffnung auf Heilung, wie es beispielsweise Thomas Mann in seinem Roman „Der Zauberberg“ schildert (Erb et al., 2004). Dennoch ist die Tuberkulose nicht nur eine der ältesten bekannten Infektionskrankheiten, sondern zählt auch zu denen, die global gesehen am häufigsten zum Tod führen. Die WHO schätzt, dass 2022 weltweit etwa 10,6 Millionen Menschen an Tuberkulose erkrankt sind. Etwa 1,3 Millionen Menschen starben im selben Jahr an der Erkrankung (WHO, 2023). Diese enorme Anzahl von Todesfällen ist nicht akzeptabel, weil man Tuberkulose grundsätzlich gut behandeln kann. Gehäuft erkranken Menschen in armen Ländern mit weniger gut entwickelten Gesundheitssystemen.

Auf die WHO-Region Europa entfallen etwa 2,5 Prozent aller weltweit auftretenden Neuerkrankungen, wobei sich deutliche regionale Unterschiede und ein ausgeprägter Ost-West-Gradient erkennen lassen. Die durchschnittliche Zahl der Neuerkrankungen in den Ländern der Europäischen Union (EU) und des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR) liegen etwa bei 10 Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner (RKI 2022).

In wohlhabenden Industrieländern wie Deutschland geht die Zahl der neu gemeldeten Tuberkuloseerkrankungen seit Langem zurück. Zwischenzeitlich wurde in einigen Ländern, darunter auch skandinavische Länder, Großbritannien und Deutschland, eine vorübergehende Trendwende registriert.

Die Abbildung 2 aus dem WHO-Bericht veranschaulicht, wie ungleich die Erkrankungszahlen verteilt sind. Durch ungenügende Behandlung oder auch mangelnde Therapietreue können sich bei einigen Patient\*innen Resistenzen gegen Medikamente der ersten Wahl entwickeln. In diesen Fällen muss in der Folge auf andere Medikamente zurückgegriffen werden, die weniger effektiv und erheblich teurer sind und darüber hinaus mehr Nebenwirkungen zeigen.

In diesem Bericht werden wir uns auf die regionale Perspektive konzentrieren, den aktuellen Stand der Tuberkuloseinzidenz vorstellen sowie die neuesten diagnostischen Methoden beschreiben und auch die Entwicklungen in der Therapie sowie die Bemühungen zur Eindämmung der Krankheit beleuchten. Zu vielen Aspekten der Tuberkulose, wie Ansteckung, Symptome, Diagnose- und Behandlungswege, werden ausführliche Informationen gegeben. Um die Krankheitslast, die die Tuberkulose mit

sich bringt, zu verstehen, geben wir einen Überblick über die globale Situation. Außerdem gehen wir auf die sozialen, wirtschaftlichen und gesundheitlichen Auswirkungen von Tuberkulose ein. Die Geschichte der Tuberkulose ist lang, wie unser Kapitel über den historischen Verlauf der Tuberkulose zeigt.

Ein Bestandteil dieses Berichts ist auch die Beschreibung der Arbeit der Beratungsstelle Tuberkulose der Region Hannover, die dem individuellen Schutz der Erkrankten, der unmittelbaren Kontaktpersonen wie auch der ganzen Bevölkerung dient. Mit diesem Bericht wollen wir auch erreichen, immer noch bestehende Vorurteile gegen die Erkrankung auszuräumen.

Schließlich beinhaltet dieser Bericht im Anhang zwei Gastbeiträge des Deutschen Zentralkomitees zur Bekämpfung der Tuberkulose und des Forschungszentrums Borstel zu Genotypisierung und Clusteranalysen.

# TUBERKULOSE – EIN HISTORISCHER ABRISS

Die heutige Wissenschaft ist sich sicher: Der Erreger der Tuberkulose ist so alt wie die Menschheit. Belegt wird dies durch Untersuchungsergebnisse von Skelettüberresten prähistorischer Menschen und Mumien. Im Jahr 2007 wurde in der Türkei das bislang älteste Fossil eines Frühmenschen gefunden, der vermutlich an einer durch Tuberkulose ausgelösten Hirnhautentzündung gelitten hatte. Darauf deuten die typischen Zeichen an der Schädeldecke des 500.000 Jahre alten Homo erectus (Ulrichs, 2011, Kappelman et al., 2008). Bis zu diesem Zeitpunkt gingen die meisten Forscher davon aus, dass die Tuberkulose erst seit einigen tausend Jahren die Menschheit plagt.

Die Tuberkulose ist und war also bei wechselnder Intensität ein ständiger Begleiter der Menschheit. Sie trat immer dann gehäuft auf, wenn Stadtkulturen entstanden und viele Menschen auf engem Raum zusammenlebten (Konietzko, 1996).

Damit Infektionskrankheiten erfolgreich bekämpft werden können, sind fundierte Kenntnisse über den Infektionsweg und den Krankheitsverlauf die grundlegende Basis. Diese Basis war über Jahrtausende bei dem sehr unterschiedlichen Krankheitsverlauf der Tuberkulose nicht gegeben.

## ANTIKE

Bereits in chinesischen Schriften aus dem Jahr 2700 v. Chr. finden sich Beschreibungen einer Erkrankung, die der Tuberkulose ähnelt (Kapek, 2017).

Im alten Ägypten wurden die Arbeiter beim Bau der Pyramiden in den Schriften oft als „Huster“ bezeichnet. Auf den Großbaustellen leben sie unter schlechten hygienischen Bedingungen in Gemeinschaftsunterkünften auf engstem Raum zusammen, sodass sich die Tuberkulose leicht ausbreiten kann. Doch auch privilegierte Menschen im alten Ägypten bleiben nicht von der Erkrankung verschont. So gilt es als sehr wahrscheinlich, dass Echnaton, wie auch später seine Töchter, an Tuberkulose verstarben (Ulrichs, 2011).

Zu Zeiten von Hippokrates gilt die Tuberkulose als ansteckende und höchst gefährliche Erkrankung. Hippokrates selber glaubt bei den epidemischen Krankheiten nicht an überirdische Einflüsse, sondern an die Faktoren des Wetters und der Lebensumstände. Daher empfiehlt er zur Linderung von Krankheiten tägliche körperliche Betätigung, maßvolle Ernährung, Körperpflege und den

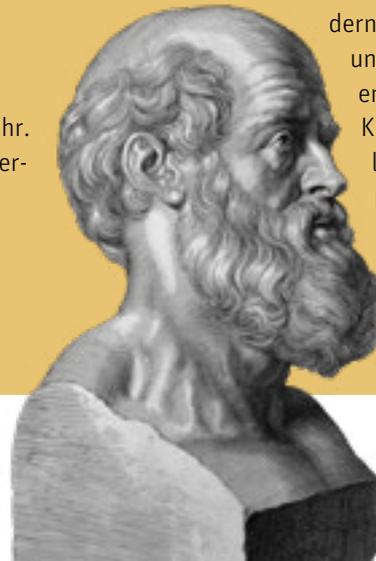


Abbildung 3:  
Hippokrates

Aufenthalt in klimatisch günstigen Gegenden (Junker und Wallner, 2004). Im 5. Jahrhundert v. Chr. verfasste Hippokrates auch die ersten Aufzeichnungen über die Symptome der Tuberkulose:

*„Das Fieber verlässt sie nicht, niedrig ist es am Tag, aber in der Nacht flammt es wieder auf, es kommt zu reichlichen Schweißabsonderungen, die Kranken haben Hustenreiz, und dennoch ist der Auswurf unerheblich. Die Augen liegen tief in den Höhlen, die Backen röten sich, [...] der Appetit geht verloren [...]. Diejenigen, die schaumiges Blut spucken, husten es aus der Lunge aus.“ (Kapek, 2017, Winkle, 1997).*

In den Städten des Römischen Reichs breitet sich die Tuberkulose besonders unter der ärmeren Bevölkerung und den Sklaven aus. Da der Verlust von Sklaven für die Besitzer einen spürbaren wirtschaftlichen Verlust bedeutet, wird nach Möglichkeiten für eine Genesung gesucht. In der Folge werden Sanatorien für erkrankte Sklaven an Orten mit guter Luftqualität errichtet (Ulrichs, 2011).

## MITTELALTER

Im frühen Mittelalter geraten durch den Einfluss der Kirche viele medizinische

Erkenntnisse des Altertums (zum Beispiel der ansteckende Charakter von Infektionskrankheiten) in Vergessenheit oder werden als heidnisch abgelehnt. Kriege und Seuchen fordern viele Todesopfer.

In ländlichen Gebieten ist die Tuberkulose aufgrund der geringen Besiedelung nicht sehr verbreitet. Anders in den Städten: Der Wohnraum innerhalb der Stadtmauern ist sehr begrenzt und gleichzeitig ebenso begehrt. Die hygienischen Verhältnisse in den Städten verschlechtern sich.

Insgesamt haben die therapeutischen Bemühungen ihren Ursprung im göttlichen Glauben und das Behandlungsangebot ist vielfältig, jedoch häufig sehr belastend und meistens wenig hilfreich für die Kranken. Dazu wird das Leiden der Betroffenen oft als Strafe Gottes angesehen. (Ulrichs, 2011).

Zu dieser Zeit wütet auch die Lepra-Erkrankung in der Bevölkerung, die den sichtbaren Symptomen der Hauttuberkulose ähnelt. Die „Aussätzigen“ werden der Stadt verwiesen und dürfen sich den Gesunden nicht nähern. Ein prominentes Opfer der Hauttuberkulose ist vermutlich Franz von Assisi (ebd.).

## RENAISSANCE

Für die Tuberkulose ist die Mode in der Zeit der Renaissance ein Geschenk. Durch die Korsagen, die die Frauen tragen, ist die Belüftung der Lungenflügel beeinträchtigt und an den langen Schleppen der Kleider haftet der Straßenschmutz und damit auch sehr häufig das darin befindliche Sputum (Auswurf) von Tuberkulosekranken. Tuberkulosebakterien sind äußerst widerstandsfähig und überleben längere Zeit im Sputum. Auf dem Boden spielende Kinder können sich daher leicht anstecken. Da das Ausspucken auf den Boden zu dieser Zeit noch sehr verbreitet ist, ist die Übertragung durch Sputum keine Seltenheit.

Abbildung 4:  
Mode in der Renaissance





Abbildung 5:  
Die Geburt der  
Venus (Botticelli)

Im Jahr 1485 vollendet Sandro Botticelli das Gemälde „Die Geburt der Venus“. Es zeigt die an Tuberkulose verstorbene Geliebte von Guilano di Piero de’ Medici. Die zartgliedrige und blasse Körpergestalt wird zum weiblichen Schönheitsideal dieser Zeit und viele Künstler eifern Botticelli nach (Ulrichs, 2011).

Durch den zunehmenden Tierhandel breitet sich die Rindertuberkulose aus. In der Folge nehmen bei Menschen die tuberkulösen Lymphknotenentzündungen zu, die, wie man heute weiß, durch bovine (bovine = rinderartig) Tuberkelbakterien verursacht werden. Die Ansteckung durch diese Erreger verläuft meistens über den Genuss von roher Milch und Milchprodukten von erkrankten Kühen und nicht von Mensch zu Mensch. Diesen Zusammenhang kennt man damals allerdings nicht. Die Halslymphknotentuberkulose wird zu der Zeit als eigenständige Krankheit „Scrofulose“ bezeichnet und nicht dem Krankheitsbild der Tuberkulose zugeordnet. Später erkannte man die Gefahr und das Fleisch kranker Tiere durfte nicht mehr verkauft werden (Sattelmair, 2005).

Französische und englische Könige glauben derweil an eine eigene göttliche Heilkraft und versuchen, die Scrofulose über Handauflegen zu heilen. Dies hat zur Folge, dass zur Krönung Ludwigs XIV viele an Scrofulose erkrankte Menschen mit der Hoffnung auf Heilung nach Reims pilgern. Um diesen vielen Menschen Obdach zu gewähren, stiftet „ein frommes Fräulein“ im Jahr 1645 ein Isolierspital, das heute als erstes Tuberkulosekrankenhaus der Welt gilt (Junker und Wallner, 2004).

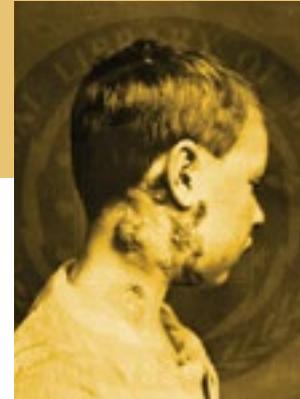


Abbildung 6:  
Scrofulose

Der niederländische Maler Rembrandt van Rijn verlor in dieser Zeit sowohl seine Frau (1642) wie auch alle seine Kinder, die an Tuberkulose sterben (Ulrichs, 2011).

## NEUZEIT

In der Neuzeit lösen sich die Wissenschaften aus der Dominanz der Kirche und die Lehre von der Tuberkulose nimmt ihren Anfang. Anatomen, die nun gleichberechtigte Wissenschaftler sind, ist die Eigenart der Tuberkel (knotige Schwellung) bereits aufgefallen. Der Anatom Sylvius de la Bøe erkennt um 1650 bei der Sektion von Tuberkuloseerkrankten die typischen vereiterten Knoten in der Lunge und nennt sie „Tubercula“. Der Mediziner Morton leitet im Jahr 1689 die Entstehung der „Lungenschwindsucht“ ausschließlich von den Tuberkeln ab. Die erste Veröffentlichung des Begriffs „Tuberkel“ findet sich im Jahr 1679.

De la Bøe erkennt 1695 auch den Prozess der tuberkulosetypischen Kavernenbildung (Sattelmair, 2005).

Im 18. Jahrhundert ist Tuberkulose in Europa stark verbreitet und viele Erkrankte reisen nach Neapel oder Sizilien, um bei klimatisch guten Bedingungen Heilung zu finden. Die Folge ist, dass dort eine Tuberkuloseepidemie ausbricht. Die Konsequenz sind erste behördliche Maßnahmen gegen die Verbreitung der Erkrankung. Philipp IV. von Neapel lässt von Universitätsmitarbeitenden und ausgewählten Ärzten eine Verordnung ausarbeiten. Ab sofort müssen Ärzte und Pflegekräfte jeden Verdacht und jede Erkrankung von Schwindsucht melden, andernfalls drohen Geldstrafen mit Kerkerhaft, Galeerenstrafe oder Verbannung. Die Erkrankten können zwangsweise ins Krankenhaus eingewiesen oder ausgewiesen werden. Besuche sind verboten. Ist eine Person an Tuberkulose verstorben, müssen die Kleidung, die Wäsche und die Betten verbrannt werden. Wenn nicht gleich das ganze Haus abgerissen wird, werden Türen, Fenster, Fußböden und Wandbelege entfernt (Junker und Wallner, 2004, Jenker, 2008 und 2016).

In der Uraufführung des Theaterstücks „Der eingebildete Kranke“ thematisiert Molière, der auch die Hauptrolle spielt, das

Unvermögen der Ärzt\*Innen seiner Zeit. Kurze Zeit nach der Premiere stirbt Molière an einem Blutsturz, der vermutlich durch seine Tuberkuloseerkrankung hervorgerufen wurde (Ulrichs, 2011).

Ein weiterer prominenter Betroffener zu dieser Zeit ist Frédéric Chopin, der erkrankt mit seiner Familie nach Mallorca reist. Die behandelnden Ärzte machen seine Tuberkulose publik und es wird die Räumung des Hauses verlangt. Chopin findet schließlich Zuflucht in einem Kloster auf der Insel. Doch auch von dort muss er schließlich auf einem Schweinetransportschiff nach Barcelona fliehen. Von dort, wieder als Schwindsüchtiger erkannt, flieht er weiter nach Paris. Seine Ärzte behandeln ihn mit Diät, Schwefelmixturen und reichlich Opiumtropfen. Chopin stirbt am 17. Oktober 1849 in seiner Wohnung in Paris (Junker und Wallner, 2004, Ludwig, 2000).

In der Zeit der Romantik des 19. Jahrhunderts wird die Schwindsucht in Künstler\*innenkreisen dagegen populär und gilt als förderlich für die Schaffenskraft. Es heißt, dass nur leidende Künstler\*innen etwas Großes hervorbringen können. Die Tuberkulose kann inzwischen zwar eindeutig identifiziert werden, jedoch stehen keine wirksamen Heilmittel zur Verfügung.

Abbildung 7: Dr. Brehmer's Heilanstalt



Der schlesische Arzt Hermann Brehmer, selbst an Tuberkulose erkrankt, beschließt, seine verbleibende Lebenszeit mit Reisen zu verbringen. Im Himalaya heilt seine Erkrankung und er vermutet, dass Höhenluft und Sonnenlicht der Heilung der Tuberkulose förderlich sind. Zurückgekehrt gründet er das erste Sanatorium in Schlesien und gilt damit heute als Begründer der Lungenheilstättenbehandlung Mitte des 19. Jahrhunderts. Die Behandlung, sogenannte Liegekuren, findet überwiegend im Freien statt. Begleitend wird auf gute Ernährung und regelmäßigen Cognac-Konsum geachtet (Junker und Wallner, 2004, Ulrichs, 2011).

In einigen bekannten Werken, wie beispielsweise den Opern „La Traviata“ und „La Bohème“ sterben die weiblichen Hauptfiguren an Tuberkulose. Im Mittelpunkt des Romans „Der Zauberberg“ von Thomas Mann aus dem Jahr 1924 steht das bis heute berühmteste Sanatorium zur Behandlung der Tuberkulose und deren Patient\*innen.



Abbildung 8: Wohnelend

Mit der Industrialisierung wird die Tuberkulose zur Arbeiterkrankheit. Die Wohnbedingungen der meisten Arbeiterfamilien in Städten sind katastrophal. Die Wohnungen sind feucht und überbelegt, Abfälle und Fäkalien fließen ungefiltert ins Grundwasser. Eine zusätzliche Belastung für das Immunsystem der verarmten Arbeiter\*innen sind die Arbeitsbedingungen mit 14 Stunden täglicher körperlicher Arbeit. So geht um 1880 im Deutschen Kaiserreich jeder zweite Todesfall bei jüngeren Erwachsenen auf das Konto der Tuberkulose. Das Risiko, an Tuberkulose zu sterben, ist bei den Arbeiter\*innen etwa viermal höher als bei der gut situierten städtischen Bevölkerung. Damit spiegelt die Tuberkulose zu dieser Zeit, wie kaum eine andere Erkrankung die soziale Ungleichheit wider (Condrau, 2000). Gleiches gilt auch heute noch.

Im 19. Jahrhundert kommt man dem Erreger endgültig auf die Spur. Im Jahr 1865 beweist ein französischer Militärarzt die Übertragbarkeit der Tuberkulose, indem er Rindern tuberkulösen Eiter injiziert, die daraufhin erkranken. Dank des im 18. Jahrhunderts entwickelten Mikroskops gelingt es Wissenschaftlern, den Erreger sichtbar zu machen. Das schafft Robert Koch als Erster. Der ehemalige Landarzt ist durch seine Forschungsarbeiten am Milzbranderreger inzwischen der Leiter des Kaiserlichen Ge-

sundheitsamtes in Berlin. Er entwickelt ein Färbeverfahren und hält am 24. März 1882 einen Vortrag zu seinen Erkenntnissen. Der 24. März ist bis heute der Welt-Tuberkulose-Tag. Wenige Wochen zuvor hat der Pathologe Clemens von Baumgarten die Bakterien mittels verdünnter Natronlauge ebenfalls sichtbar gemacht. Doch seine Veröffentlichung erscheint wenige Wochen nach dem berühmten Vortrag. Somit gilt Robert Koch als Entdecker des Tuberkuloseerregers. Im Jahr 1905 erhält Robert Koch für seine Forschungen am Tuberkuloseerreger den Medizin-Nobelpreis (Jenkes, 2016, Schuchert, 2017).

Bis der erste Tuberkulosepatient durch Medikamente geheilt wird, vergehen allerdings noch mehr als 60 Jahre. Das 1943 entdeckte Antibiotikum Streptomycin bringt schließlich den Durchbruch in der Tuberkulosebehandlung. Mit dem Beginn der effektiven Antibiotikabehandlung Mitte der 1950er Jahre werden die Liegekuren in den Sanatorien abgelöst. Die Patient\*innen sind nach relativ kurzer Behandlungsdauer für ihre Umgebung nicht mehr an-

Abbildung 9: Verbotsschild



steckend. Bereits zehn Jahre später sind die meisten Sanatorien geschlossen (Murray et al., 2015).

Der Tuberkuloseerreger wird von einigen Expert\*innen als Erreger mit Potenzial für eine vollständige Elimination betrachtet. Dieser Optimismus führt dazu, dass Gelder für Präventionsprogramme gestrichen werden (Böhmer, 2006). Leider erfüllt sich diese Hoffnung nicht und Tuberkulose gehört bis heute zu den Infektionskrankheiten, die weltweit betrachtet am häufigsten zum Tod führt. Die WHO schätzt, dass 2022 weltweit etwa 10,6 Millionen Menschen an Tuberkulose erkrankt sind. Etwa 1,3 Millionen Menschen starben im selben Jahr an der Erkrankung (WHO, 2023). Gehäuft erkranken Menschen in armen Ländern mit weniger gut entwickelten Gesundheitssystemen, wo der Zugang zu medizinischer Versorgung nicht selbstverständlich ist.

Seit 1998 hat die WHO einige Länder als „high-burden countries for TB“ (HBCs) definiert – also als Länder mit besonders hoher Krankheitslast aufgrund von Tuberkulose. Im Jahr 2015 begann die WHO, die Liste zu spezifizieren. Gab es bis 2014 nur eine Liste von Ländern, die insgesamt etwa 80 Prozent der Fälle von Neuerkrankungen mit Tuberkulose dokumentierten, wird seit 2015 weiter unterschieden, ob es sich um

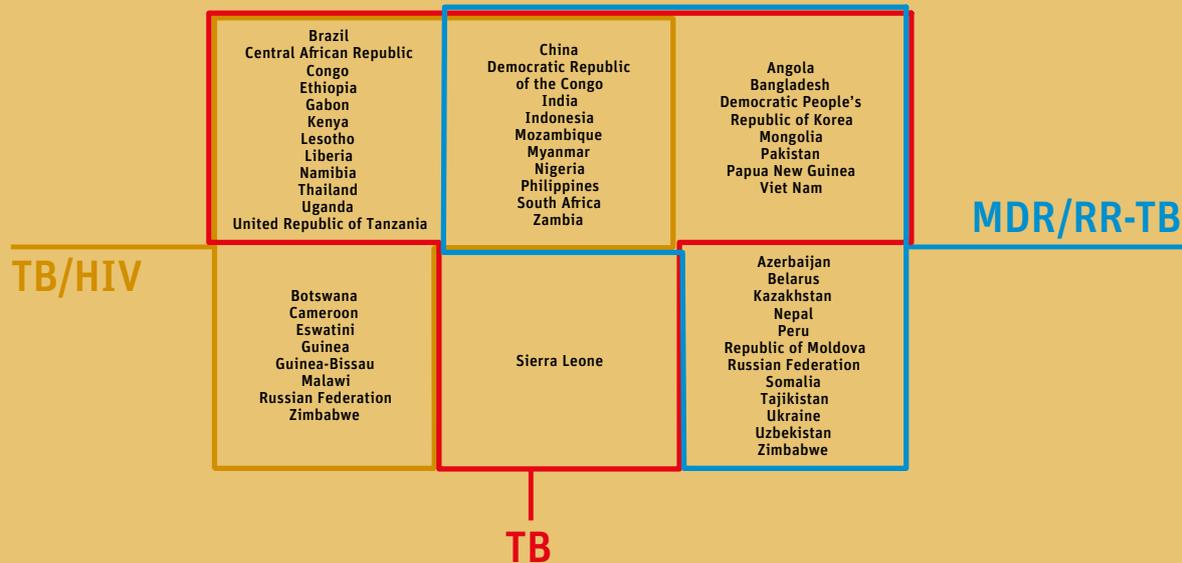


Abbildung 10: Besonders von Tuberkulose betroffene Länder weltweit

Tuberkulosefälle mit Resistenzen oder Tuberkulosefälle bei gleichzeitig positivem HIV-Status handelt. Die folgende Abbildung aus dem Tuberkulosebericht zeigt die drei Gruppen der „high-burden“-Länder (WHO, 2022). Die Überschneidungen der Gruppen werden deutlich.

Darüber hinaus wird 2014 im Rahmen der Weltgesundheitskonferenz die sogenannte End-TB-Strategie verabschiedet, mit dem Ziel die Tuberkulose bis 2035 zu eliminieren. Zu den wichtigen Punkten der Strategie gehört es, Bevölkerungsgruppen zu unterstützen, die besonders anfällig für Infektionen sind

und einen schlechten Zugang zur Gesundheitsversorgung haben. Dazu muss die finanzielle Basis gesichert sein. Außerdem soll die wissenschaftliche Forschung verstärkt werden. Seit der Verabschiedung der Resolution überwacht die WHO die Umsetzung der Strategie und die Fortschritte bei der Erreichung der festgelegten Meilensteine (WHO, 2015).

## COVID-19, KRIEG UND TUBERKULOSE

Die Coronavirus-Pandemie (COVID-19) hat in den Jahren 2020, 2021 und 2022 enorme gesundheitliche, soziale und wirtschaftliche Auswirkungen mit sich gebracht. Dabei sind auch die Bemühungen im Kampf gegen die Tuberkulose stark beeinträchtigt worden und haben den globalen Kampf gegen die Infektionskrankheit um Jahre zurückgeworfen. Dies belegen die Zahlen der Meilensteine bei der Bekämpfung der Tuberkulose, die von der WHO ent-

## WHO End TB Strategy: 2025 milestones

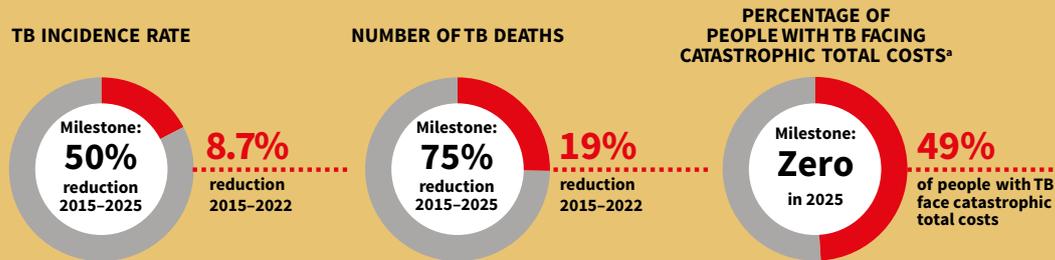


Abbildung 11: Meilensteine der End-TB-Strategie

wickelt wurden (siehe auch Abbildung 11). Danach liegen Ziele und Wirklichkeit weit auseinander. Die Finanzierung für den Zugang zu Prävention, Diagnostik und Therapie sowie für die Forschung blieb im Jahr 2019 pandemiebedingt deutlich hinter den gewünschten Investitionen zurück. Eine Stärkung der Ressourcen angesichts der globalen Tuberkuloseepidemie ist dringend notwendig, um die besorgniserregenden Entwicklungen aufzuhalten und die damit verbundenen Folgen für alle Betroffenen zu verhindern.

Besonders betroffen waren die Länder mit ohnehin hoher Krankheitslast durch Tuberkulose, wie beispielsweise Indien, China und Länder in Südostasien. Bis zur COVID-

19-Pandemie war Tuberkulose die Haupttodesursache infolge einer Infektionserkrankung aufgrund eines einzelnen Erregers und lag damit noch vor Todesfällen als Folge einer AIDS-Erkrankung.

Für das Jahr 2020 wurden 5,8 Millionen Neuerkrankungen über die Meldesysteme erfasst (WHO, 2022). Dies entspricht etwa dem Meldestand von 2012. Das bedeutet leider nicht, dass auch nur 5,8 Millionen Fälle aufgetreten sind, sondern dass viele Erkrankungen nicht diagnostiziert und damit auch nicht behandelt wurden. Die WHO schätzt, dass 2020 mehr als zehn Millionen neue Tuberkulosefälle aufgetreten sind. Wird eine Erkrankung nicht erkannt, können sich die Erreger ungebremst vermehren und über eine Tröpfcheninfektion weitergegeben werden. Durch diesen vergrößerten Pool an nicht behandelten und ansteckungsfähigen Fällen wird in den nächsten Jahren ein Anstieg der registrierten Fallzahlen erwartet. Da die Meldungen von der WHO zugeordnet werden können, konnte man mit Indien, Indonesien, den Philippinen und China vier Hochprävalenzländer, also Länder mit einer besonders hohen Krankheitslast an Tuberkulose, für den größten Teil



Abbildung 12: Weltweit gemeldete Tuberkulose-Neuerkrankungen von 2015 bis 2022

der fehlenden Meldungen identifizieren. Für das Meldejahr 2021 wurden zumindest wieder 6,4 Millionen und für 2022 7,5 Millionen Neuerkrankungen gemeldet (DZK, 2021, WHO, 2023).

Der Einbruch der Meldungen ist eine Folge der Pandemie. Die Gesundheitsdienste waren überlastet und mussten die vorhandenen personellen Ressourcen im Kampf gegen das Coronavirus einsetzen. Neben Lockdowns und Ausgangsbeschränkungen hatten viele Menschen Sorge, sich mit dem Coronavirus zu infizieren, und vermieden es aus diesem Grund, Gesundheitseinrichtungen aufzusuchen.

Eine bereits sichtbare Folge war der Wiederanstieg der Todesfälle aufgrund von Tuberkulose. Seit mehr als einem Jahrzehnt waren die Todesfallzahlen rückläufig gewesen. Im Jahr 2019 wurden 1,4 Millionen und 2020 bereits 1,5 Millionen Todesfälle geschätzt (DZK, 2021, WHO, 2022). 2022 zeichnete sich wieder eine Reduktion der geschätzten Todesfälle auf 1,3 Millionen ab (WHO, 2023).

Auch in Deutschland zeigte sich während des Corona-Lockdowns ein sichtbarer Rückgang meldepflichtiger respiratorischer Erkrankungen (Atemwegserkrankungen), darunter auch bei Tuberkulose. Das Robert Koch-Institut hat im Jahr 2022 versucht zu ermitteln, ob die weniger dokumentierten Erkrankungsfälle eher eine Folge der eingeführten Maßnahmen, wie Abstands- und Hygieneregeln, das Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes sowie Kontaktbeschränkungen waren oder die Folge des überlasteten Gesundheitssystems. Als Hinweise einer verzögerten Diagnose wurde ein größerer Anteil von fortgeschrittenen offenen Lungentuberkulosen gewertet. Die Auswertungen der Datenanalyse zeigten nur geringe Veränderungen im zeitlichen Verlauf, wobei ein leicht höherer Anteil an offenen Lungentuberkulosen erkennbar war. Dieser Trend lässt sich allerdings seit 2015 feststellen. Dennoch lag der Anteil der offenen Lungentuberkulosen 2020 erstmals über 50 Prozent. Die Autoren der Analyse schlussfolgerten aufgrund von weiteren Auffälligkeiten in der Meldedynamik (u. a. weniger Meldungen durch aktive Fallfindung und weniger Hospitalisierungen), dass sich auch in Deutschland der Melderückgang weniger mit den Auswirkungen der Hygienemaßnahmen und Kontaktbeschränkungen erklären ließ, als vielmehr durch die Belastung der

meldenden Stellen und des öffentlichen Gesundheitsdienstes gewertet werden müssten – und damit als Folge einer verzögerten Tuberkulosediagnostik. Insgesamt waren die Veränderungen erfreulicherweise recht gering (Hauer und Brodhun, 2022).

Die Ukraine, das Land mit der viert-höchsten Inzidenz an Tuberkulose-Neuerkrankungen in der europäischen Region und der weltweit fünft-höchsten Anzahl an Fällen mit weitgehend medikamentenresistenter Tuberkulose (ECDC, 2023), ist durch den russischen Angriffskrieg besonders betroffen. Zusätzlich zu den Auswirkungen der Corona-Pandemie ist das ukrainische Gesundheitssystem durch die täglichen Auswirkungen des Krieges unter massivem Druck. Die kriegsspezifischen Belastungen äußern sich unter anderem in direkten Angriffen auf Gesundheitseinrichtungen, zerstörten Lagern und Infrastrukturen. Hilfsorganisationen müssen ihre Arbeit phasenweise aus Sicherheitsgründen unterbrechen und die Millionen vertriebener Menschen innerhalb der Ukraine haben keinen gesicherten Zugang zu Medikamenten. Der Krieg hat zu einer Verschlechterung der Lebensbedingungen vieler Menschen geführt. Intern Vertriebene, Flüchtlinge und Menschen in Konfliktgebieten leben oft unter prekären Bedingungen, darunter unzureichende Ernährung, mangelnder Zugang zu sauberem

Trinkwasser und überfüllte Unterkünfte. Diese Faktoren begünstigen die Verbreitung von Tuberkulose und erhöhen das Risiko für Infektionen. Kranke Menschen, die ihre Medikamente nicht regelmäßig einnehmen können, sind anfälliger für die Entwicklung von resistenten Tuberkulosestämmen.

Die düstere Prognose ist, dass es zu verzögerten Diagnosen und Behandlungen kommen wird, was wiederum zu schlechteren Behandlungsergebnissen und mehr Übertragungen führt. Neben den vielen Binnenflüchtlingen sind (Stand 2024) mehr als sechs Millionen Menschen aus dem Land geflohen. Das Europäische Zentrum für die Prävention und die Kontrolle von Krankheiten (ECDC) fordert alle Staaten auf, die Geflüchtete aufnehmen, den betroffenen Menschen Zugang zu den lokalen Gesundheitsdiensten zu ermöglichen, um bei der Früherkennung von Infektionskrankheiten zu helfen. Gleichwohl betont das ECDC, dass sich die lokale Bevölkerung keine Sorgen darüber zu machen brauche, dass es wegen der vielen Schutzsuchenden zu Ausbrüchen von Infektionskrankheiten kommen werde (Holt, 2022).

Deutschland hat seit Februar 2022 über eine Million geflüchtete Menschen aus der Ukraine aufgenommen. Aufgrund der deutlich höheren Tuberkuloseprävalenz in der Ukraine haben diese Menschen ein höheres Infektions- und Erkrankungsrisiko als in Deutschland geborene und lebende Menschen. Darüber hinaus treten, wie oben erwähnt, in der Ukraine recht häufig Tuberkulosen mit Resistenzen gegenüber Medikamenten der Standardtherapie auf (Kröger, 2023). Hauer und Kollegen schätzen angesichts der Tuberkuloseinzidenz in der Ukraine, dass unter den Schutzsuchenden insgesamt etwa 600 behandlungsbedürftige Tuberkulosefälle sind. Für das Jahr 2022 dokumentierte das Robert Koch-Institut insgesamt 262 Tuberkulosefälle (davon 68 Fälle mit einer MDR-Tuberkulose, davon wiederum 17 Fälle mit einer präextensiv resistenten Tuberkulose und ein Fall einer XDR-Tuberkulose), bei denen als Geburtsland Ukraine angegeben wurde. Ein großer Teil dieser Fälle wurde durch sogenannte aktive Fallfindung (s. Kapitel „Anlass der Diagnosestellung“) entdeckt. (Hauer et al., 2023)

# HINTERGRUND ZUR KRANKHEIT TUBERKULOSE

Tuberkulose ist eine überwiegend von Mensch zu Mensch übertragbare Infektionskrankheit, die meist die Lunge betrifft, sich aber auch in anderen Organen ansiedeln kann. Die Tuberkuloseerreger zählen zu den etwa 100 verschiedenen Arten von Mykobakterien, zu denen auch der Auslöser der Lepra (*Mycobacterium leprae*) gehört.

Vom primären Erkrankungsherd aus kann sich die Krankheit im Körper über die Blut- oder Lymphbahnen ausbreiten. 1882 gelang es Robert Koch (siehe Abbildung 13), die Tuberkelbakterien (*Mycobacterium tuberculosis*) nachzuweisen.



Abbildung 13:  
Robert Koch im Labor

In Deutschland treten neben dem *Mycobacterium tuberculosis* in seltenen Fällen weitere Varianten des Tuberkuloseerregers auf. Dazu zählen das *Mycobacterium bovis*, das *Mycobacterium africanum*, das *Mycobacterium microti* und das *Mycobacterium canetti*. Diese Erregerformen werden unter dem Begriff Mycobacterium-tuberculosis-Komplex zusammengefasst (Tempel et al., 2008).

In den meisten Fällen erfolgt eine Ansteckung mit Tuberkulosebakterien über die sogenannte Tröpfcheninfektion (siehe auch Abbildung 14). Die an offener Tuberkulose erkrankte Person gibt beim Sprechen, Husten oder Niesen feinste Tröpfchen, die Tuberkulosebakterien enthalten, in ihre Umgebungsluft ab. Da diese Tröpfchen eine Zeitlang im Raum schweben, können sie von anderen Menschen eingeatmet werden und gelangen so in deren Atemwege und schließlich in die Lunge. Die Ansteckungsfähigkeit ist am höchsten, wenn eine erkrankte Person eine so hohe Anzahl an Bakterien aushustet, dass diese unter dem Mikroskop nachweisbar sind. Dazu benötigt es etwa 10.000 Bakterien auf einen Milliliter ausgehustetes Sekret.

Das Immunsystem der Betroffenen bildet umgehend Abwehrzellen. Es umgibt die angesiedelten Bakterien mit einem dichten Wall von Zellen und schließt damit die Erreger ein. Während dieses etwa sechswöchigen Prozesses bildet sich der sogenannte Primärkomplex. Das geschieht in der Regel, ohne dass die betroffene Person es bemerkt. In der Lunge haben sich durch das Einschließen der Erreger die tuberkulosespezifischen Knötchen, die Tuberkel, ausgebildet. Damit ist die Person nicht erkrankt, aber infiziert. Man geht davon aus, dass etwa neun von zehn infizierten Personen im weiteren Leben nicht erkranken (siehe auch Abbildung 15). Der Primärkomplex bildet sich in den meisten Fällen zurück. Bei geschätzten fünf bis zehn Prozent der Infizierten ist die eingedrungene Erregermenge aber zu groß oder die körpereigene

Abwehr geschwächt bzw. nicht ausreichend, sodass die Tuberkulosebakterien nicht unschädlich gemacht werden können und sich weiterentwickeln (DZK, 2007).

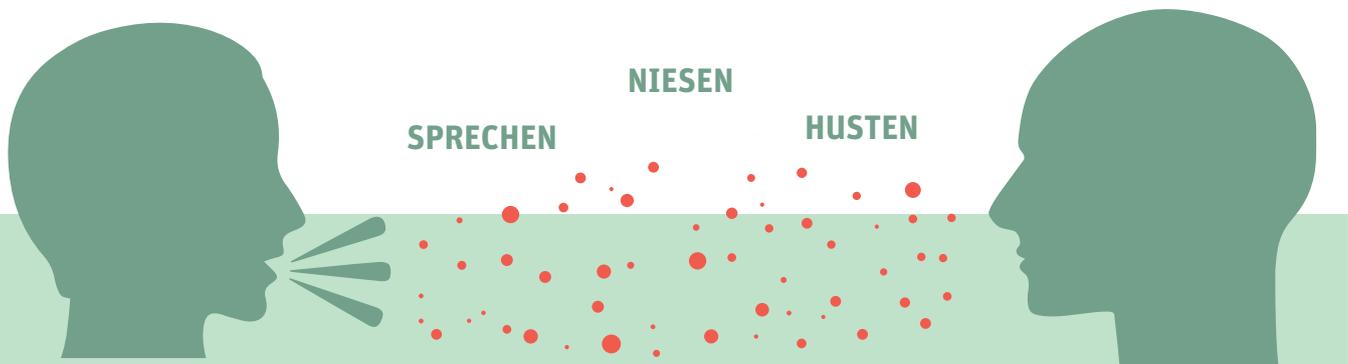
Häufig sind Menschen mit einem geschwächten Immunsystem betroffen. Ursache dafür können Krankheiten bzw. Infektionen sein, wie eine HIV-Infektion, Tumorerkrankungen, Suchterkrankungen oder Diabetes mellitus. Ebenfalls gefährdet sind Menschen mit höherem Lebensalter oder Personen in schwierigen Lebensverhältnissen, wie zum Beispiel Obdachlosigkeit (RKI, 2006). Es wird geschätzt, dass Obdachlose gegenüber dem Bevölkerungsdurchschnitt bis zu 100 Mal häufiger mit Tuberkulose infiziert sind (Thielen et al., 2004).

Von der Ansteckung (Infektion) bis zur Erkrankung können Wochen oder Jahre vergehen – das ist nicht vorhersehbar. Bis die Erkrankung ausbricht, haben die Betroffenen meistens keine Symptome. Laut dem Robert Koch-Institut (2006) ist das Risiko zu erkranken in den ersten zwei Jahren nach der Infektion vermutlich am größten. Bei Kindern unter fünf Jahren ist der Zeitraum zwischen der Infektion und dem Ausbruch der Erkrankung (Inkubationszeit)

in der Regel erheblich kürzer. Darüber hinaus erkranken Kinder grundsätzlich deutlich häufiger als Erwachsene, weil ihr Immunsystem noch nicht ausreichend ausgebildet ist. Man schätzt, dass etwa 30 bis 40 Prozent der infizierten Kinder eine Tuberkulose entwickeln.

Im Fall einer Erkrankung vermehren sich die Erreger und der Infektionsherd wird größer. Das entzündliche Gewebe zerfällt und verflüssigt sich. Bei offener Tuberkulose hat der tuberkulöse Herd Anschluss an einen Ast der Luftröhre (Bronchus) bekommen, sodass das zerfallene Gewebe mit den Mykobakterien ausgehustet wird und über eine Tröpfcheninfektion andere Personen angesteckt werden können. In der Lunge der

Abbildung 14: Tröpfcheninfektion



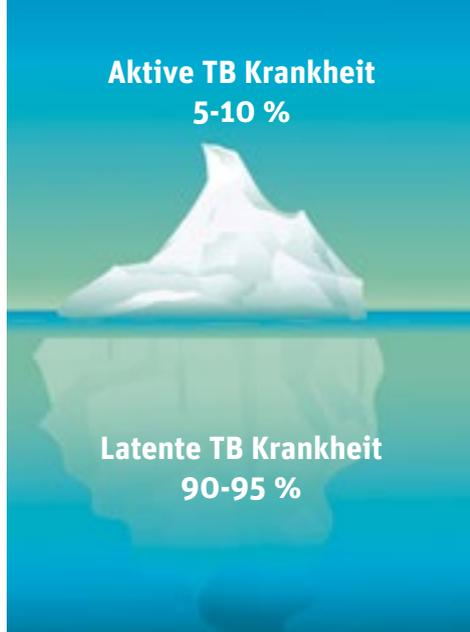


Abbildung 15: Geschätztes Verhältnis latente Tuberkuloseinfektion zu Tuberkuloseerkrankung



Abbildung 16: Präparat einer Lungenkaverne

erkrankten Person entsteht an dieser Stelle ein Hohlraum, die tuberkulosetypische Kaverne (siehe auch Abbildung 16).

Die Tuberkuloseerkrankung äußert sich zu Beginn entweder ganz ohne Krankheitsgefühl oder lediglich durch geringe unspezifische Beschwerden wie allgemeine Schwäche, ungewollte Gewichtsabnahme und Schweißausbrüche, besonders auch in der Nacht. In Deutschland betreffen etwa acht von zehn Erkrankungen die Lunge. Es tritt dabei häufig anhaltender Husten auf, der sich durch die üblichen Antibiotika nicht bessert (Erb et al., 2004).

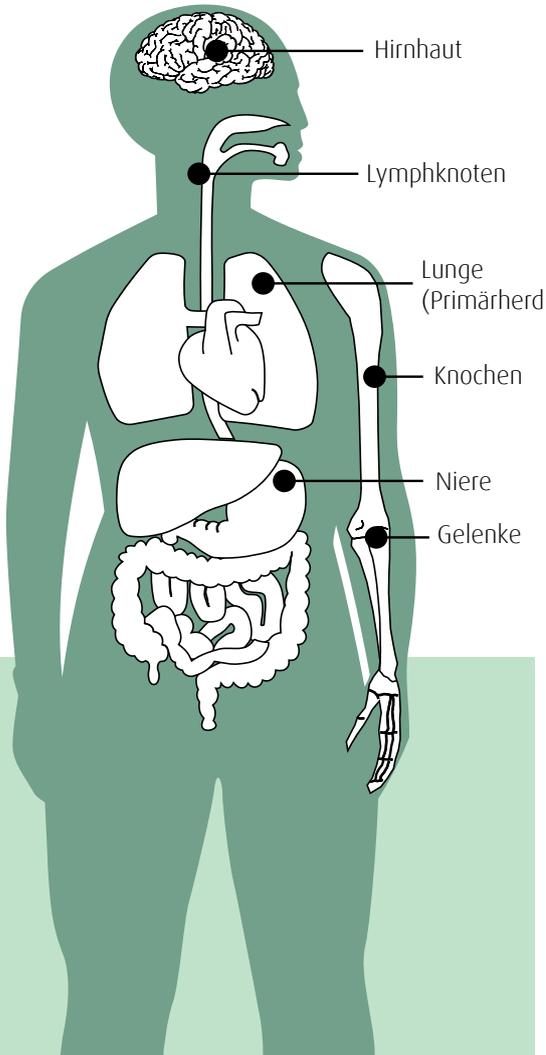
Vom Herd in der Lunge können die Tuberkulosebakterien vorwiegend über die Blut- oder Lymphbahn zu anderen Stellen

des Körpers gelangen und dort ebenfalls eine tuberkulöse Entzündung hervorrufen, wobei jedes Organ befallen werden kann. Diese Formen der Tuberkulose werden als extrapulmonale, also außerhalb der Lunge liegende Tuberkulosen bezeichnet. Die extrapulmonalen Tuberkulosen sind in der Regel nicht ansteckend. Ausnahmen sind Urogenitaltuberkulosen und Hauttuberkulosen über Hautfisteln (Brehm und Terhalle, 2023).

Insbesondere Säuglinge und Kleinkinder können an einer gefährlichen tuberkulösen Meningitis erkranken.

Die neu gesetzten Herde kommen entweder zur Ruhe oder entwickeln sich – mitunter nach vielen Jahren – zur extrapulmonalen Tuberkulose weiter. Bei sehr schlechter Abwehrlage der Erkrankten können sich die Tuberkulosebakterien im schlimmsten Fall über die Blutbahnen diffus in Form hirsekornkleiner Knötchen gleichzeitig in mehreren Organen ansiedeln. Es entwickelt sich eine Miliartuberkulose, ein sehr schweres und lebensbedrohliches Bild der Tuberkulose (DZK, 2007). Eine Miliartuberkulose mit wenig Symptomatik gibt es nicht – sie hat immer einen hoch dramatischen Verlauf.

Abbildung 17: Mögliche  
Lokalisationen der Tuberkulose



Die folgende Tabelle 1 zeigt typische Inkubationszeiten verschiedener Tuberkuloseformen. Die Zeitangaben dienen als Richtwerte. Im Einzelfall kann der Zeitraum von der Ansteckung bis zum Ausbruch der Erkrankung erheblich abweichen.

Form der Tuberkulose	Latenzzeit
Tuberkulöse Meningitis	2 Wochen bis 2 Monate
Miliartuberkulose	1 bis 4 Monate
Tuberkulöse Pleuritis	3 bis 12 Monate
Skelettmuskulatur	6 Monate bis 4 Jahre
Lymphknotentuberkulose	9 Monate bis 2 Jahre und mehr
Kavernöse Lungentuberkulose	1 bis 4 Jahre
Nierentuberkulose	4 bis 10 Jahre und mehr
Nebennierentuberkulose	Mehr als 20 Jahre
Knochen- und Gelenktuberkulose	Bis zu 10 Jahre und länger

Tabelle 1: Typische Inkubationszeiten der verschiedenen Tuberkuloseformen

Wenn Patient\*innen Tuberkulosebakterien aushusten, sie also eine offene Lungentuberkulose haben, ist dies eine Gefahr für ihre Umgebung. Kontaktpersonen können sich mit den ausgehusteten Bakterien anstecken und in der Folge ebenfalls an Tuberkulose erkranken. Eine nichtbehandelte erkrankte Person mit offener Lungentuberkulose steckt innerhalb eines Jahres schätzungsweise zehn andere Menschen an. Entscheidend für die Tuberkulosebekämpfung ist daher die möglichst rasche Diagnose. Dann kann sofort eine wirksame Behandlung einsetzen. Dies nützt zunächst den Erkrankten, ist aber zugleich der sicherste Weg, die Ansteckung anderer Menschen mit Tuberkulose zu verhindern. Es ist naheliegend, dass gerade Personen, die in engem Kontakt mit der erkrankten Person leben (Familie, Freund\*innen, Berufskolleg\*innen, Mitschüler\*innen usw.), besonders gefährdet sind und deshalb vorsorglich untersucht werden müssen. Wegen der Infektionsgefahr sollten Patient\*innen mit einer offenen Lungentuberkulose zum Schutz der Umgebung so lange isoliert werden, bis von keiner Infektiosität, also Ansteckungsgefahr, mehr ausgegangen werden kann (Witte et al., 2023).

Wenn der Patient oder die Patientin keine Bakterien aushustet, spricht man von einer geschlossenen Lungentuberkulose. Das Verhältnis von offener zu geschlossener Lungentuberkulose wird in Deutschland auf etwa 4:1 geschätzt. Mit anderen Worten: Vier von fünf Lungentuberkulosen sind ansteckend (Tempel et al., 2008).

Tuberkulose ist eine meldepflichtige Erkrankung nach dem Infektionsschutzgesetz. Wird also eine Tuberkuloseerkrankung (nicht Infektion!) diagnostiziert, melden Ärzt\*innen sowie das Labor dies möglichst umgehend dem zuständigen Gesundheitsamt. Die erkrankte Person wird dort registriert und im Regelfall über die gesamte Krankheitsdauer neben der akutmedizinischen Therapie mitbetreut. Des Weiteren werden die Kontaktpersonen (Familienangehörige, Freund\*innen, Bekannte und Arbeitskolleg\*innen) der erkrankten Person ermittelt, angeschrieben und auf Tuberkulose untersucht.

Diese Maßnahmen sollen Ansteckungen und Erkrankungen der Kontaktpersonen frühzeitig erfassen, sie einer Behandlung zuführen und eine weitere Krankheitsausbreitung verhindern. Sie dienen damit dem Gesundheitsschutz der Kontaktpersonen selbst wie auch dem Schutz der gesamten Bevölkerung vor einer Infektion.

# EPIDEMIOLOGIE

## WELTWEITE ERFASSUNG DER NEUMELDUNGEN VON TUBERKULOSEERKRANKUNGEN

Um das Ausmaß der Erkrankung Tuberkulose zu verstehen, sollte nicht nur auf die Erkrankungszahlen in unserem mittelbaren Umfeld geschaut werden, sondern es gilt, sich auch einen Überblick über die europäischen und weltweiten Zahlen zu verschaffen.

Die WHO veröffentlicht jährlich einen Bericht, der die globale Lage zu Tuberkuloseerkrankungen beschreibt. Ein besonderes Augenmerk liegt auf dem Erreichen der Meilensteine, die im Kontext der End-TB-Strategie festgelegt wurden.

Grundsätzlich kann die Anzahl der Erkrankungen und der Todesfälle nicht vollumfänglich erfasst werden. Mithilfe von lang erprobten Meldesystemen wird dennoch versucht, so weit wie möglich, die Realität abzubilden. Schlussendlich werden die erwarteten Erkrankungs- und Todesfälle mit den Daten aus den Meldesystemen und mit mathematischen Rechenmodellen geschätzt, die viele länderspezifische Fak-

toren, wie beispielsweise Gesundheitssystem, Armut oder Unterernährung, berücksichtigen. Die aktuellen Rechenmodelle wurden mangels verfügbarer Daten aufgrund der Corona-Pandemie angepasst. Dabei wurden auch die Einflüsse der Lockdowns in den jeweiligen Ländern berücksichtigt (WHO, 2022).

Bis 2020 konnten die jeweiligen Autoren\*Innen des Berichts konstant Fortschritte im Kampf gegen die Tuberkulose feststellen, wenngleich die Erfolge nicht den gesteckten Zwischenzielen der End-TB-Strategie entsprachen. Die Corona-Pandemie führte jedoch 2020 zu einem erheblichen Einbruch von Neumeldungen von Tuberkulosefällen (siehe Abbildungen 18 und 19). Nach den Auswertungen entfielen 90 Prozent des Rückgangs im Vergleich zu den Neumeldungen im Jahr 2019 auf zehn Länder, die alle zu den sogenannten High-burden-Ländern zählen, also Länder mit besonders hoher Krankheitslast durch Tuberkulose. Allein Indien, Indonesien und die Philippinen hatten so massive Rückgänge von Neumeldungen zu verzeichnen, dass sie 67 Prozent des weltweiten Einbruchs der Erkrankungserfassung ausmachten.

Es muss beim Betrachten der Zahlen aus den letzten drei verfügbaren Jahren also unbedingt unterschieden werden in dokumentierte Neuerfassungen und in die tatsächliche Krankheitslast.

Für das Jahr 2021 lagen der WHO insgesamt 6,4 Millionen dokumentierte Neuerkrankungen vor. Im Jahr 2019 waren es mit 7,1 Millionen 700.000 Meldungen mehr. Die Wissenschaftler schätzen, dass die wahren Neuerkrankungszahlen bei etwa 10,6 Millionen liegen. Das bedeutet, dass etwa 4,2 bzw. 3,5 Millionen Fälle nicht dokumentiert oder nicht diagnostiziert wurden.

Der Anteil der HIV-positiven Personen sinkt erfreulicherweise kontinuierlich (siehe Abbildung 20a).

Etwa 671.000 Menschen, bei denen 2022 eine Tuberkulose diagnostiziert wurde, hatten einen positiven HIV-Status. Dies sind bei einer Gesamtzahl von 10,6 Millionen Neuerkrankungen etwa 6,3 Prozent aller Erkrankten (WHO, 2023).

**Abbildung 18: Globaler Trend von Tuberkulose-Neuerkrankungen von 2010 bis 2022**



**Abbildung 19:**

**Trend von Tuberkulose-Neuerkrankungen nach WHO-Regionen von 2010 bis 2022**



## SCHÄTZUNGEN VON TODESFÄLLEN AUFGRUND VON TUBERKULOSE WELTWEIT

In den Jahren 2005 bis 2019 zeigte sich die erhoffte kontinuierliche Reduktion an Todesfällen, wengleich auch unter dem gesteckten Ziel der End-TB-Strategie.

Die massive Untererfassung von Tuberkuloseerkrankungen während der Corona-Pandemie und der damit einhergehenden nicht diagnostizierten und folglich nicht behandelten Tuberkulosen resultierte bereits im Jahr 2020 mit einem globalen Anstieg von Tuberkulose-Todesfällen. Somit war zum ersten Mal seit 2000 eine Trendumkehr bei den geschätzten Todesfällen zu sehen (siehe Abbildung 20b).

Für das Jahr 2021 schätzen die Fachleute der WHO, dass insgesamt etwa 1,4 Millionen Menschen an Tuberkulose verstarben, davon war fast jeder achte Mensch HIV-positiv. Damit bleibt Tuberkulose die Haupttodesursache bei Menschen mit HIV (WHO, 2022). Die dramatische Interaktion der beiden Erreger wurde zum ersten Mal in den 90er-Jahren beschrieben (Forßbohm et al., 2002).

2021 starben mehr als doppelt so viele Menschen an Tuberkulose als an AIDS. Es zeigte sich, dass die Corona-Pandemie einen deutlich negativeren Einfluss auf die

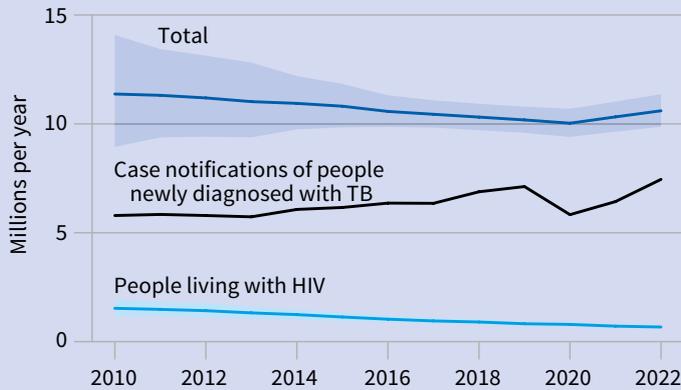


Abbildung 20a: Geschätzte Anzahl HIV positive Fälle

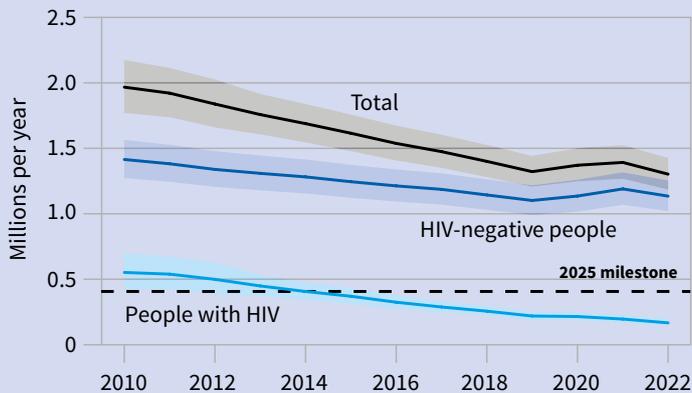


Abbildung 20b: Geschätzte Anzahl Todesfälle aufgrund Tuberkulose weltweit

## DEUTSCHLAND UND DIE REGION HANNOVER

Es gibt klinische und labordiagnostische Kriterien für die Falldefinition „Tuberkulose“. Wenn diese erfüllt sind, muss der Fall gemeldet werden. Die Kriterien sorgen dafür, dass die Statistiken zur Häufigkeit der Tuberkulose in Deutschland verlässlich sind.

Ein wichtiges Kriterium ist, dass eine Behandlung mit Antituberkulotika eingeleitet wurde. Ist die erkrankte Person vor der Diagnosestellung verstorben, reicht es zur Falldefinition aus, dass die Behandlung einzuleiten gewesen wäre (RKI, 2013). Ist dieses Kriterium erfüllt oder nicht erfüllt, wird zusätzlich entweder ein labordiagnostischer Nachweis des Erregers und/oder eine epidemiologische Bestätigung (wie beispielsweise der bekannte Kontakt zu einer an Tuberkulose erkrankten Person) gefordert.

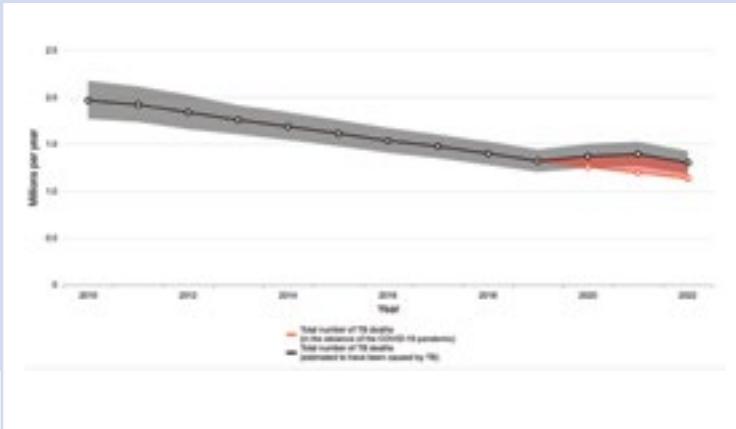


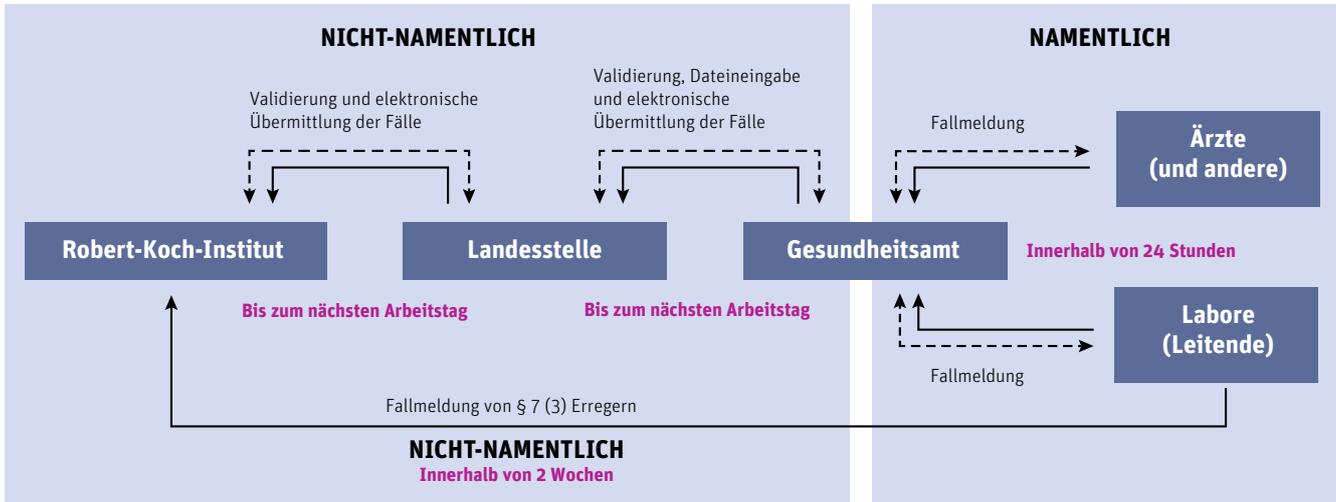
Abbildung 21: Überhöhte Zahl an durch Tuberkulose verursachten Todesfällen während der COVID-19-Pandemie

Tuberkulose als auf AIDS hatte. Während die Tuberkulosemortalität anstieg, sank im gleichen Zeitraum die Mortalität aufgrund von AIDS.

Durch die Erholung der Meldezahlen nach der Pandemie sind die Todesfälle durch Tuberkulose 2022 wieder auf 1,3 Millionen gesunken. Eine diagnostizierte Tuberkulose kann behandelt und damit Sterbefälle vermieden werden.

Die rote Linie in Abbildung 21 zeigt die Schätzung der Todesfälle aufgrund von Tuberkulose, wenn es keine Pandemie gegeben hätte. Danach hätte es laut dem aktuellen Bericht der WHO in den drei Jahren 2020, 2021 und 2022 vermutlich 500.000 Todesfälle weniger gegeben.

Der gesetzte Meilenstein, die Anzahl der Todesfälle aufgrund von Tuberkulose von 2015 bis 2025 um 75 Prozent zu reduzieren, wird mit der tatsächlich erreichten Reduktion von etwa 19 Prozent (Stand 2022) weit verfehlt.



Routinesystem  
 ↑ Austausch von epidemiologischen Informationen  
 ↓

Abbildung 22: Melde- und Übermittlungswege

## NEUERKRANKUNGEN

Nach dem aktuellen Bericht des Robert Koch-Institutes (2023a) gab es in Deutschland 2022 im Schnitt 4,9 Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner\*innen. Dabei zeigen sich regionale Unterschiede. Sie lassen sich dadurch erklären, dass Menschen in der Stadt häufiger erkranken als in ländlichen Gegenden.

Die meisten Neuerkrankungen finden sich in den Stadtstaaten Bremen (9,0 Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner\*innen), Hamburg (8,2) und Berlin (8,0). Auch

Hessen hat aufgrund des Ballungsraumes Rhein/-Main-Gebiet eine überdurchschnittliche Anzahl von Neuerkrankungen (6,8). Besonders wenige Neuerkrankungen gibt es dagegen in den ländlich geprägten Bundesländern Thüringen (3,2 Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner), Sachsen (3,6) und Mecklenburg-Vorpommern (2,5). Auch Niedersachsen hat als Flächenland insgesamt eine unterdurchschnittliche Anzahl von Neuerkrankungen mit 3,7 Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner\*innen (Abfrage SurvStat für das Meldejahr 2022, Stand April 2024).

In acht von zehn Fällen war die Lunge das hauptsächlich betroffene Organ. Lag der Anteil der extrapulmonalen, also außerhalb der Lunge liegenden Tuberkulosen, im Jahr 2002 noch bei gut 20 Prozent, stieg der Anteil 2021 auf 30 Prozent und ist nun im Jahr 2022 wieder auf knapp 24 Prozent gesunken. Dabei war die Inzidenz bei Menschen mit Migrationshintergrund

24 Mal so hoch wie bei Menschen ohne Migrationshintergrund. Es werden genetische Unterschiede als möglicher Grund diskutiert (RKI, 2022, RKI, 2023, Brehm und Terhalle, 2023, RKI, 2023a).

Bei der Altersverteilung der bundesweiten Auswertung sieht man eine Häufung in der Altersklasse der 20- bis 24-Jährigen und der 25- bis 29-Jährigen.

Eine Analyse nach Staatsangehörigkeit zeigt, dass die Erkrankungshäufigkeit bei ausländischen Staatsbürger\*innen mit 25,1 Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner\*innen etwa 16 Mal höher ist als in der deutschen Bevölkerung (Inzidenz von 1,5). Darüber hinaus sind die ausländischen Staatsbürger\*innen zum Zeitpunkt der Diagnose deutlich jünger. Der Altersmedian – das Lebensalter, das die Stichprobe so teilt, dass die Hälfte ihrer Mitglieder jünger und die andere Hälfte der Mitglieder älter ist – liegt bei etwa 31 Jahren im Vergleich zu 61 Jahren bei Bürger\*innen mit deutscher Staatsangehörigkeit. Unabhängig von der Staatsbürgerschaft sind Männer deutlich häufiger betroffen als Frauen.

Die Region Hannover entspricht mit ihren Zahlen an Tuberkulose-Neuerkrankungen in etwa dem Bundesdurchschnitt. Die Neuerkrankungszahlen in der Landeshauptstadt entsprechen in etwa den Zahlen, wie sie sich auch in Bremen – mit einer ähnlichen Einwohner\*innenzahl – finden.

Die Anzahl der Tuberkuloseerkrankungen in Niedersachsen ist von 2001 bis 2010 kontinuierlich zurückgegangen (siehe auch Tabelle 2 und Abbildung 23). So hat sich die Zahl der gemeldeten Erkrankungen in diesem Zeitraum von etwa acht Fällen je 100.000 Einwohner\*innen auf etwa vier Erkrankungen je 100.000 Einwohner\*innen halbiert (NLGA, 2012). Von 2010 bis 2015 sieht man eine Trendumkehr und die Inzidenz steigt von 3,5 bis auf 5,2 Erkrankungen je 100.000 Einwohner\*innen. Dieses Niveau sieht man bis zum Jahr 2018 mit einer Inzidenz von 5,3 Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner\*innen. Darauf folgt ein Abfall der Inzidenz, die im Jahr 2021 mit 3,2 Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner\*innen dann auf den niedrigsten Stand seit 2001 sinkt. In den Meldejahren 2022 und 2023 steigt die Inzidenz

wieder auf 3,7 bzw. 4,3 Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner\*innen.

Die Beratungsstelle Tuberkulose der Region Hannover betreut etwa 1,2 Millionen Einwohner\*innen. Die eine Hälfte lebt in den teilweise ländlich geprägten Kommunen, die andere in der Landeshauptstadt Hannover. Durch die unterschiedliche Einwohner\*innenstruktur in städtischen und ländlichen Gebieten ist es, die Region Hannover betrachtet, sinnvoll, sich die Zahlen der Tuberkulose-Neuerkrankungen auf verschiedenen Ebenen anzuschauen. In der gesamten Region Hannover gab es 2021 5,3 Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner\*innen. In der Landeshauptstadt Hannover lag die Zahl der Neuerkrankungen bei 6,7 je 100.000 Einwohner\*innen, während sie in den 20 Umlandkommunen bei 4,5 Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner\*innen lag. Dies hat – wie oben bereits beschrieben – mit der Einwohner\*innenstruktur zu tun, die in Stadt und Land verschieden ist.

Im Jahr 2022 stieg die Inzidenz in der Region Hannover insgesamt auf 5,7 Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner\*innen, während sie im Jahr 2023 wieder auf 4,7 Neuerkrankungen je 100.000 Einwohner\*innen gesunken ist (Stand der Meldedaten: 9.4.2024).

## ANLASS DER DIAGNOSESTELLUNG

Bei der Dokumentation der Tuberkuloseerkrankungen wird auch der Anlass der Untersuchung an die Landesgesundheitsämter und das Robert Koch-Institut übermittelt. Weil Datensätze selten zu 100 Prozent vollständig sind, können immer nur die Datensätze ausgewertet werden, in denen das interessierende Merkmal ausgefüllt ist.

Bei den Erkrankungen, die dem Robert Koch-Institut für das Diagnosejahr 2021 gemeldet wurden, war der Anlass für die Untersuchung in 86,9 Prozent aller Meldungen angegeben. In fast neun von zehn Fällen (87,8 %) war der Anlass, tuberkulosebedingte Symptome abzuklären. Das nennt man passive Fallfindung. Die Person geht zum Arzt/zur Ärztin, weil sie Beschwerden hat, und erhält dort die Diagnose. Etwa jede zehnte Erkrankung wurde dagegen mittels aktiver Fallfindung festgestellt. Hierzu gehören alle Maßnahmen, die eine Tuberkulose aufdecken, bevor die erkrankte Person aufgrund von Beschwerden zum Arzt/zur Ärztin geht. Dies geschieht beispielsweise, wenn im Erkrankungsfall die Umgebung untersucht wird oder bei Untersuchungen vor der Aufnahme in Gemeinschaftsunterkünften, wie Wohnheime, Pflegeheime oder Justizvollzugsanstalten (JVAs). Auch die gesetzlich vorgeschriebenen Screeningmaß-

Tabelle 2:

Übermittelte Tuberkulosefälle entsprechend der Referenzdefinition von 2001 bis 2023

Meldejahr	Anzahl der Fälle		
	Deutschland	Niedersachsen	Region Hannover
2001	7565	631	97
2002	7662	604	97
2003	7153	546	95
2004	6562	455	85
2005	6030	436	72
2006	5366	419	80
2007	5008	386	58
2008	4538	354	57
2009	4424	326	68
2010	4363	278	48
2011	4301	304	64
2012	4220	293	69
2013	4342	320	59
2014	4524	340	68
2015	5838	412	74
2016	5971	387	75
2017	5569	375	76
2018	5490	420	81
2019	4819	354	77
2020	4190	312	73
2021	3930	257	61
2022	4072	299	67
2023	4479	351	54

RKI SurvStat Abfrage vom 09.04.2024

nahmen gemäß § 36 (4) IfSG für Asylsuchende, Geflüchtete und Aussiedler\*innen gehören zur aktiven Fallfindung. Für das Meldejahr 2022 lagen bei 85,5 Prozent aller Meldungen Angaben zum Anlass der Diagnose vor. Davon

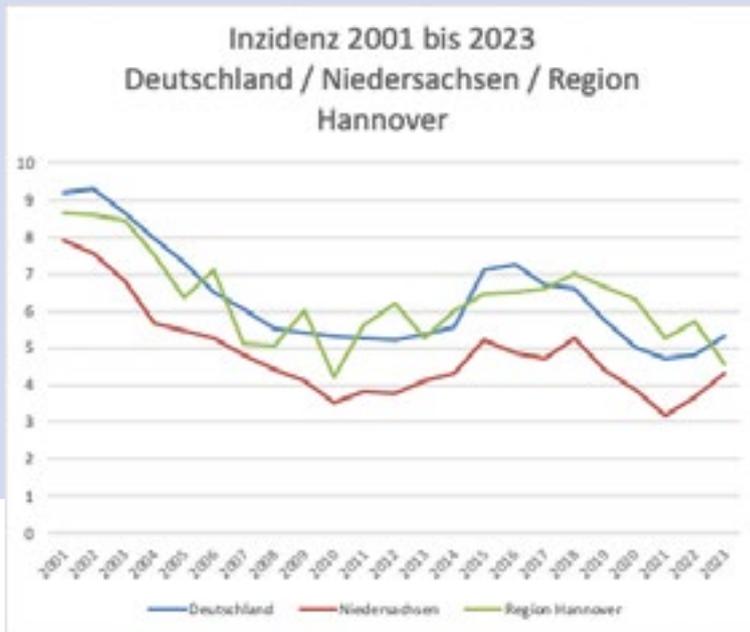


Abbildung 23: Vergleich Tuberkulose-Inzidenz Deutschland/Niedersachsen/Region Hannover von 2001 bis 2021 | Datenquelle: SurvStat RKI Datenabfrage vom 8.4.2024

wurden 84 Prozent aller Fälle mittels passiver Fallfindung festgestellt und 16 Prozent über eine aktive Fallfindung. Die Entwicklung zu dem höheren Anteil der aktiven Fallfindung lässt sich mit den Screeninguntersuchungen bei den Schutzsuchenden aus der Ukraine erklären (RKI, 2023a).

## STERBLICHKEIT

Tuberkulose gehört seit Jahrhunderten zu den weltweit führenden Todesursachen. Im 19. Jahrhundert war etwa bei jedem vierten Todesfall eine Tuberkuloseerkrankung die Ursache (Böhmer, 2006). Vor der Ära der Chemotherapie durch Antituberkulotika war die Sterblichkeit auch in Europa aufgrund der wenig effektiven Behandlungsmöglichkeiten sehr hoch (RKI, 2006). Dem Robert Koch-Institut wurden für das Jahr 2021 112 und für das Jahr 2022 116

Erkrankte gemeldet, die an den Folgen der Tuberkulose starben. Die Informationen zu einem krankheitsbedingten Tod waren fast vollständig und lagen bei über 99 Prozent der Meldungen vor. Das entspricht im Schnitt einer Mortalität von 0,13 bzw. 0,14 Todesfällen je 100.000 Einwohner\*innen. Die Sterblichkeit steigt mit dem Alter an und war in der ausländischen Bevölkerung – bezogen auf die entsprechenden Bevölkerungsgruppen – im Jahr 2021 etwa fünfmal und im Jahr 2022 etwa viermal so hoch wie bei den deutschen Einwohner\*innen. Über 40 Prozent der Verstorbenen hatten in den beiden Meldejahren 2021 und 2022 ein Lebensalter von 70 Jahren und älter. In der Geschlechterverteilung waren im Jahr 2021 etwa 63 Prozent der Verstorbenen männlich und 37 Prozent weiblich, und im Jahr 2022 betrafen die tuberkulosebedingten Todesfälle in etwa 72 Prozent der Fälle Männer und in etwa 28 Prozent der Fälle Frauen.

Insgesamt lag der Anteil aller an Tuberkulose Verstorbenen unter dem der Erkrankten in beiden Jahren: bei jeweils knapp 3 Prozent. Mit anderen Worten: jeder 33., der 2021 oder 2022 in Deutschland an Tuberkulose erkrankt war, ist auch an der Krankheit oder den unmittelbaren Folgen verstorben (RKI, 2023; RKI, 2023a). Aktuelle Falldaten für das Jahr 2023 liegen noch nicht vor, weil die Daten verzögert übermittelt und ausgewertet werden.

# DIAGNOSTIK UND BEHANDLUNG

Damit Tuberkulose diagnostiziert werden kann, muss der betroffene Patient oder die betroffene Patientin zunächst aufgrund von Beschwerden einen Arzt/eine Ärztin aufsuchen, sofern er oder sie nicht unter die vorgeschriebenen Screeningmaßnahmen der aktiven Fallfindung fällt. Zunächst leidet die Person meistens unter unspezifischen Symptomen, die bei vielen Krankheiten auftreten können: Husten (der nicht auf Standardantibiotika anspricht), ungewollte Gewichtsabnahme, Appetitlosigkeit, Müdigkeit, leichtes Fieber und Nachtschweiß. Es kommt allerdings auch vor, dass sich Patient\*innen mit offener Tuberkulose gar nicht krank fühlen und daher keinen Arzt/keine Ärztin aufsuchen. Die symptomlosen Fälle treten häufiger bei Personen in höherem Lebensalter auf und sind besonders brisant. Das gilt nicht nur für die erkrankte Person selbst, da sich die unbehandelte Tuberkulose ungebremst weiter im Körper ausbreiten kann, sondern wegen der Ansteckungsgefahr auch für alle Personen, die sich in engerem Kontakt mit dem oder der Erkrankten befinden (DZK, 2007).

Haben Hausarzt oder Hausärztin, nachdem der Patient oder die Patientin zur Krankheitsgeschichte befragt und körperlich untersucht wurde, den Verdacht einer Tuberkuloseerkrankung, gibt es verschiedene Möglichkeiten der gezielteren Diagnostik. Diese Möglichkeiten sollen im Folgenden genauer beschrieben werden.

## SPEZIFISCHE DIAGNOSEVERFAHREN DER TUBERKULOSEINFEKTION UND DER TUBERKULOSEERKRANKUNG

Da aus einer Tuberkuloseinfektion eine Tuberkuloseerkrankung folgen kann und bereits die Infektion behandelt werden kann, um einer Erkran-

kung vorzubeugen, müssen beide Formen erkannt, also diagnostiziert werden. Dafür stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Bei der symptomlosen Infektion sind die Tuberkulosebakterien inaktiv. Hier werden zur Diagnostik immunologische Verfahren, wie Haut- oder Bluttests eingesetzt. Diese werden zu Beginn erklärt. Es folgen die Verfahren zur Diagnose der Tuberkuloseerkrankung, bei der die Bakterien aktiv sind, in der Regel Symptome auftreten und andere Menschen bei offener Form angesteckt werden können.

## Immunologische Testverfahren

### Tuberkulintest

Die sogenannte Tuberkulin-Hauttestung weist die Infektion routinemäßig nach.

Robert Koch hatte gehofft, Tuberkulin als Heilmittel einsetzen zu können. Diese Hoffnung erfüllte sich leider nicht. Der französische Arzt Charles Mantoux konnte jedoch nachweisen, dass man mit Tuberkulin einen aussagekräftigen Hauttest für eine Diagnose

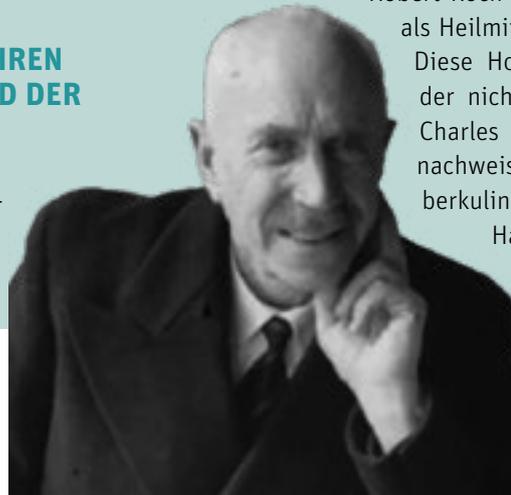


Abbildung 24:  
Namensgeber des  
Hauttests Charles Mantoux

durchführen konnte. Sein deutscher Kollege Felix Mendel beschrieb dieses Verfahren. Daher wurde der Hauttest „Hauttest nach Mendel-Mantoux“ benannt (Zanoni,1972, Tissot, 2005). Dieses Testverfahren ist sehr gut verträglich und kann daher auch bei Schwangeren, stillenden Müttern oder Kleinkindern ohne Bedenken durchgeführt werden.

Das Testprinzip basiert auf einer verzögerten allergischen Reaktion der Haut auf eine standardisierte Menge gereinigter Antigene aus Mykobakterien (gelöste Proteine aus der Zellwand von *Mykobacterium tuberculosis*). Der Test wird durch Injektion einer kleinen Menge Tuberkulin in die oberste Schicht der Haut, normalerweise auf der Unterseite des Unterarms, durchgeführt. Tuberkulin ist ein Extrakt aus den abgetöteten Tuberkulosebakterien, das die Immunantwort stimuliert. Nach der Injektion beobachtet eine medizinisch geschulte Person die Reaktion anhand der Größe der entstehenden Hautveränderung. Hat das Immunsystem des getesteten Menschen schon einmal Kontakt mit Mykobakterien gehabt, reagiert es darauf mit einer zellulären Abwehrreaktion. Es entsteht innerhalb von drei Tagen eine deutlich tastbare Hautverdickung an der Teststelle, die häufig mit einer Rötung einhergeht (siehe auch Abbildung 25). Bleibt die Haut der Person an



Abbildung 25: Hautreaktion beim Tuberkulose-Hauttest

der Teststelle unverändert oder zeigt sich nur eine Rötung, wird das Testergebnis als negativ bewertet und eine Tuberkuloseinfektion mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen. Das Testergebnis wird vorzugsweise nach 72 Stunden abgelesen, da sich die Hautreaktion innerhalb weniger Tage wieder zurückbildet. Für verlässliche Aussagen sollten zwischen dem Test und dem möglichen Zeitpunkt der Erstinfektion mehr als acht Wochen vergangen sein (Diel et al., 2023).

Ein positives Testergebnis bedeutet nicht, dass die betroffene Person an Tuberkulose erkrankt ist oder erkranken wird, sondern sagt lediglich aus, dass irgendwann in der Vergangenheit eine Infektion mit Tuberkulosebakterien stattgefunden hat. Positive Tuberkulinreaktionen werden mithilfe einer Röntgenuntersuchung der Lunge weiter abgeklärt (Heyckendorf et al., 2012, Heykes-Uden, 2008).

Das Ergebnis des Tuberkulintests ist, wie bei allen Testverfahren, nicht hundertprozentig verlässlich und kann sowohl falsch positiv als auch falsch negativ ausfallen. Der Test kann beispielweise aufgrund einer Infektion mit anderen Mykobakterien aus der Umwelt oder durch eine vorausgegangene

Tuberkuloseimpfung (die sogenannte BCG-Impfung, benannt nach den Entwicklern Calmette und Guérin) positiv ausfallen, obwohl keine tatsächliche Infektion mit Tuberkulose stattgefunden hat (zur Impfung gibt es später noch einen gesonderten Abschnitt). Ein negatives Testergebnis kann fälschlicherweise auftreten, wenn eine akute behandlungsbedürftige Tuberkulose vorliegt oder wenn der Körper wegen eines Immundefizienzsyndroms nicht mehr reagiert. Dies gilt ebenso, wenn das Immunsystem durch Chemotherapie, Steroidtherapie oder Therapie mit TNF-Alpha-Inhibitoren unterdrückt wird. Auch Virusinfektionen wie Masern, Mumps, Röteln, Influenza, HIV, AIDS sowie Krebserkrankungen erhöhen das Risiko falsch negativer Testergebnisse. Die Häufigkeit falsch negativer Testergebnisse steigt außerdem mit dem Lebensalter (ab 49 Jahren) an.

Insgesamt wird der Anteil von falsch negativen Testergebnissen bei der Mantoux-Methode auf etwa 10 Prozent geschätzt. Ein negatives Hauttestergebnis schließt daher im Einzelfall eine Infektion mit dem Tuberkuloseerreger nicht aus (Haas et al., 2006).

In der Region Hannover erhalten nicht gegen Tuberkulose geimpfte Kinder bis zu einem Alter von fünf Jahren den Tuberkulin-Hauttest, wenn sie Kontakt zu einer erkrankten Person hatten.

Das Testergebnis wird hier nach Risikogruppen interpretiert. Ein hohes Risiko haben Kontaktpersonen einer infektiösen tuberkulosekranken Person. Hier wird eine Hautreaktion von mehr als 5 Millimetern Durchmesser als positives Testergebnis gewertet. Ein mäßiges Risiko tragen Menschen aus Herkunftsländern mit einer hohen Tuberkuloseprävalenz und Menschen mit chronischen Erkrankungen, wie zum Beispiel Diabetes. Ohne bekannten Kontakt zu Tuberkulose wird der Test bei einer Hautreaktion ab einem Durchmesser von mehr als 10 Millimetern als positiv gewertet. Gesunde Personen, die keinen Kontakt zu einem Indexfall hatten und nicht aus einem Hochprävalenzland stammen, haben kein Risiko. Daher wird hier erst ein Testergebnis mit mehr als 15 Millimetern als positiv interpretiert.

In den Jahren 2020 bis Ende 2023 wurden in der Tuberkulose-Beratungsstelle der Region Hannover insgesamt 462 Tuberkulin-Hauttestungen nach Mantoux durchgeführt.

In vielen Ländern wird der Tuberkulintest heutzutage ergänzt durch modernere Tests, die auf einer ähnlichen Immunantwort basieren, jedoch präzisere Ergebnisse liefern können, wie beispielsweise den Interferon-Gamma-Ausschüttungstest (IGRA). Dieses Verfahren wird im nächsten Abschnitt genauer vorgestellt. Trotz neuerer diagnostischer Technologien bleibt der Tuberkulintest ein wertvolles Instrument im Kampf gegen Tuberkulose, insbesondere in Regionen mit begrenzten Ressourcen, in denen modernere Tests möglicherweise nicht verfügbar sind.

### **Interferon-Gamma-Release Assays (IGRA)**

Bei diesen 2005 entwickelten immunologischen Testverfahren wird eine Blutprobe der getesteten Person im Labor untersucht. Sie basieren darauf, dass die Abwehrzellen (T-Lymphozyten) im Blut von Menschen, deren Immunsystem sich mit Tuberkulosebakterien auseinandergesetzt hat, Interferon-gamma (Botenstoffe, die bei einer Reaktion des Immunsystems gebildet werden) freisetzen, wenn man spezielle Bestandteile des Tuberkulosebakteriums zugibt. Wird also Interferon-gamma in der Blutprobe nachgewiesen,



Abbildung 26: IGRA  
QuantiFERON® TB Gold in Tube

ist das Testergebnis positiv und es wird eine Infektion angenommen. Wenn keine Infektion stattgefunden hat, lässt sich keine Interferon-gamma-Ausschüttung durch Tuberkulosebakterien nachweisen und das Testergebnis ist negativ (DZK, 2008).

Zunächst wird eine Blutprobe aus einer Vene entnommen und in speziellen Röhrchen gesammelt. Diese Röhrchen enthalten Antigene (Moleküle oder Fremdkörperstoffe), die von Mycobacterium tuberculosis produziert werden. Anschließend wird die Blutprobe zusammen mit den Antigenen in den Röhrchen inkubiert. Wenn eine Person zuvor mit Tuberkulosebakterien in Kontakt gekommen ist, wird ihr Immunsystem spezifische Immunzellen, die T-Lymphozyten, aktivieren und wie oben beschrieben Interferon-gamma freisetzen, als eine entzündungsfördernde Substanz. Nach der Inkubation wird die Menge an ausgeschüttetem Interferon-gamma gemessen. Eine höhere Menge dieses Zytokins weist auf eine aktive Immunreaktion hin, die auf eine Exposition gegenüber Tuberkulose hindeuten kann.

Die Vorteile dieses immunologischen Tests sind, dass eine BCG-Impfung und die meisten Umweltmykobakterien sie nicht im Sinne einer falsch positiven Reaktion beeinflussen. Außerdem besteht eine deutlich bessere Korrelation zur Nähe und Dauer des Kontakts zu einer an Tuberkulose erkrankten Person als bei dem Tuberkulose-Hauttest. Die Testperson muss nur einmal in die Beratungsstelle Tuberkulose kommen, da das Testergebnis nicht ab-

Abbildung 27:  
IGRA Teströhrchen



gelesen werden muss. Schließlich ist die Interpretation des Tests objektiver und unabhängig von der Ableseung. Das Niedersächsische Landesgesundheitsamt (NLGA) hat im Jahr 2007 ein Pilotprojekt zur Einführung des Interferon-Gamma-Release Assay (IGRA) durchgeführt und festgestellt, dass etwa zwei Drittel der positiven Hauttests durch den IGRA nicht bestätigt werden konnten. Diese zwei Drittel falsch positiv getesteten Kontaktpersonen benötigten damit keine weiteren Folgeuntersuchungen. Aus diesem Grund wurde der IGRA daraufhin in die kostenfreien Untersuchungsleistungen des NLGA für den Öffentlichen Gesundheitsdienst aufgenommen (Wagner et al., 2011). Ein Nachteil dieser Testverfahren ist, dass eine gute Logistik benötigt wird, um das Blut sicher zum Labor zu transportieren. Letztendlich bieten auch diese Tests keine hundertprozentige Sicherheit und können bei schweren Tuberkuloseformen oder andersartiger geschwächter Abwehrlage zu falsch negativen Ergebnissen kommen – ähnlich wie beim Tuberkulin-Hauttest, wenn auch wahrscheinlich seltener. Auch bei diesen immunologischen Testverfahren kann nicht zwischen frischer oder

länger bestehender Infektion und Erkrankung unterschieden werden (Nienhaus et al., 2012, Heykes-Uden, 2008). Für die Vorhersage, ob eine positiv getestete Person erkranken wird, sind auch diese Verfahren grundsätzlich nicht geeignet.

Die Tuberkulose-Beratungsstelle der Region Hannover setzt den QuantiFERON® TB Gold in Tube Test (CFT) seit 2005 ein (Heykes-Uden, 2008). Frühestens acht Wochen nach dem letzten Kontakt zu Tuberkulose-erkrankten werden alle Kontaktpersonen untersucht. Die Untersuchung aller Kontaktpersonen beinhaltet eine zusätzliche Röntgen-Thorax-Untersuchung, um eine aktive Lungentuberkulose auszuschließen. Bei sehr kleinen Kindern kann die Durchführung der Röntgen-Thorax-Untersuchung erschwert sein, in diesen Fällen arbeitet die Tuberkulose-Beratungsstelle mit einer Kinderklinik zusammen, um die Kinder dort untersuchen zu lassen.

Ist das Ergebnis des IGRA-Tests negativ, erfährt die untersuchte Person dies postalisch, nachdem das Niedersächsische Landesgesundheitsamt das Ergebnis ausgewertet hat. Ist das Ergebnis positiv, wird die untersuchte Person nochmals in die Beratungsstelle Tuberkulose eingeladen. Anschließend berät ein Arzt oder eine Ärztin den Patienten bzw. die Patientin. Ist das



Abbildung 28: Normalbefund von Herz und Lunge

Röntgenbild unauffällig, klärt der Arzt oder die Ärztin über die Möglichkeit einer Chemoprävention (siehe Abschnitt Prävention/Prophylaxe) auf und verweist gegebenenfalls auf einen niedergelassenen Lungenfacharzt oder eine Lungenfachärztin. Risiken und Nutzen einer Chemoprävention müssen bei über 50-Jährigen sorgfältig abgewogen werden, denn mit dem Lebensalter steigt das Risiko einer Hepatitis oder anderer unerwünschter Nebenwirkungen der Antituberkulotika. Im Sommer 2023 sind neue Empfehlungen zur Umgebungsuntersuchung bei Tuberkulose erschienen. Darin wurde die Indikationsstellung für die präventive Therapie einer latenten Tuberkuloseinfektion (LTBI) auf Personen über 50 Jahren erweitert (Diel et al., 2023).

Der IGRA-Test wird in der Beratungsstelle Tuberkulose der Region Hannover nach den aktuellen Empfehlungen des Deutschen Zentralkomitees zur Bekämpfung der Tuberkulose eingesetzt. Er wird angewandt, um enge Kontaktpersonen zu testen, als Bestätigungstest bei positivem Tuberkulose-Hauttest und wenn ein falsch negativer Hauttest wahrscheinlich ist. Auch Personen, bei denen eine Röntgenuntersuchung nicht möglich ist, wie beispielsweise schwangere Frauen oder bettlägerige Personen, werden mithilfe dieses Tests untersucht.

In den Jahren 2020 bis Ende 2023 wurden in der Tuberkulose-Beratungsstelle der Region Hannover insgesamt 3.569 Interferon-Gamma-Release Assays durchgeführt.



Abbildung 29: Röntgenbild bei Tuberkulose | Fleckförmige Verschattungen in beiden Lungenoberlappen, rechts mehr als links. Multiple Kavernen (Zerfallshöhlen) in beiden Lungenspitzen, links ausgeprägter als rechts. Linker Zwerchfellrippenwinkel verschattet durch Rippenfellverschwartung links.



Abbildung 30: Röntgenbild bei Tuberkulose | Kompakte Verschattung im rechten Lungenoberlappen mit Verdacht auf kleine Zerfallshöhlen.

## Röntgenaufnahme

Die Röntgenuntersuchung spielt immer noch eine entscheidende Rolle bei der Diagnose und Überwachung der Tuberkulose, insbesondere bei Verdacht auf eine aktive Infektion in den Lungenflügeln. Die Röntgenuntersuchung der Lunge wird oft als Röntgen-Thorax oder Thoraxröntgen bezeichnet (Haas et al., 2006).

Die Röntgenuntersuchung ist ein nicht-invasives Verfahren, bei dem der Patient/die Patientin sich vor dem Röntgengerät aufstellt. Während der Untersuchung wird Röntgenstrahlung durch den Brustkorb geschickt. Ein Röntgenfilm bzw. ein digitales Röntgensystem erzeugt Bilder der Lungenstrukturen.

Der Befund des Röntgenbildes (siehe auch Abbildungen 27 bis 30) kann die Erkrankung jedoch auch bei tuberkulosetypischen Veränderungen (Narbengewebe, Kavernen (Hohlräume) oder mottenfraßartiges Bild) nicht beweisen. Differentialdiagnostisch muss eine Vielzahl anderer Erkrankungen

berücksichtigt werden. Ein normales Röntgenbild schließt eine Tuberkuloseinfektion auch nicht abschließend aus, da kleine oder frühe Läsionen möglicherweise nicht sichtbar sind. Tuberkulose kann nur durch kulturelle Verfahren zweifelsfrei nachgewiesen werden (Ferlinz, 2007). Diese werden im Folgenden dargestellt.



Abbildung 31: Röntgenbereich in der Beratungsstelle Tuberkulose der Region Hannover

Nach Beginn der Lungentuberkulose-Behandlung werden in der Regel weitere Röntgenuntersuchungen vorgenommen, um zu überprüfen, ob die Lungenveränderungen abklingen.

In den Jahren 2020 bis Ende 2023 wurden in der Tuberkulose-Beratungsstelle der Region Hannover insgesamt 7.531 Thorax-Röntgenuntersuchungen durchgeführt.

### **Nachweis der Erreger**

Die Diagnose Tuberkulose ist gesichert, wenn der Erreger kulturell nachgewiesen wird. Zunächst wird versucht, für einen ersten Erkrankungshinweis einen mikroskopischen Nachweis zu erbringen. Unter dem Mikroskop sind – bei ausreichender Erregermenge – die säurefesten Stäbchen erkennbar (siehe auch Abbildung 31). Ein positiver Befund erfordert etwa 10.000 Bakterien je Milliliter Probe (Heyckendorf et al., 2012). Durch die Darstellung unter dem Mikroskop kann jedoch nicht zwischen Tuberkuloseerregern und Umweltmykobakterien unterschieden werden. Deshalb müssen die Erreger anschließend kulturell angezüchtet werden.

Beim eigentlichen kulturellen Nachweis von Tuberkulose werden die Proben von biologischem Material, normalerweise der Auswurf beim Husten (Sputum) oder andere Körperflüssigkeiten, auf speziellen Nährmedien kultiviert, um das Wachstum des *Mycobacterium tuberculosis* zu fördern und nachzuweisen. Dieser Nachweis ist einer der zuverlässigsten Wege, eine aktive Tuberkuloseinfektion zu bestätigen.

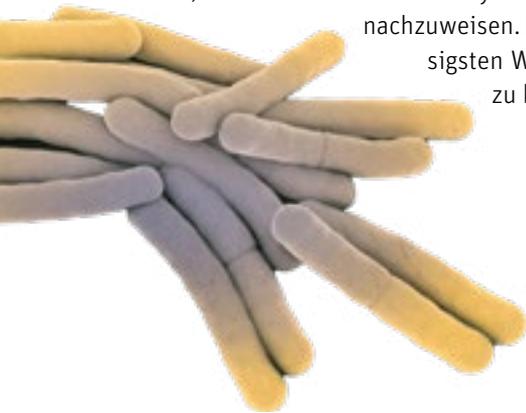


Abbildung 32:  
Säurefeste Stäbchen

Zunächst werden die entnommenen Proben auf spezielle Nährmedien aufgetragen, um das Wachstum von *Mycobacterium tuberculosis* zu fördern. Diese Medien enthalten oft Antibiotika, die das Wachstum anderer Bakterien hemmen und das spezifische Wachstum von Tuberkulosebakterien erleichtern. Anschließend werden die Proben bei etwa 37 Grad Celsius inkubiert. Dies ermöglicht den Tuberkulosebakterien, sich zu vermehren und auf den Nährmedien zu wachsen. Während der Inkubationszeit werden die Nährmedien regelmäßig auf Anzeichen von Wachstum überprüft. Da Tuberkulosebakterien langsam wachsen, kann dies mehrere Wochen dauern. Wenn das Bakterium vorhanden ist, bilden sich schließlich charakteristische Kolonien auf den Nährmedien. Durch spezifische biochemische oder molekulare Testverfahren wird abschließend überprüft, ob es sich tatsächlich um *Mycobacterium tuberculosis* handelt.

Der kulturelle Nachweis von Tuberkulose ist äußerst zuverlässig, da er das Wachstum des Bakteriums auf Nährmedien und eine klare Identifizierung ermöglicht. Allerdings erfordert dieser bis zu acht Wochen dauernde Prozess Zeit und eine spezielle Laborinfrastruktur. Aus diesem Grund werden oft parallele diagnostische Methoden, wie schnelle molekulare Tests oder Antigen-Nachweis-Tests, verwendet (siehe auch Ab-

schnitt Polymerase-Kettenreaktion / PCR), um eine zügigere und vorläufige Diagnose zu ermöglichen, während die kulturelle Bestätigung nachfolgt.

Der kulturelle Nachweis insbesondere in Fällen mit vermuteter multiresistenter Tuberkulose (MDR-TB) oder komplizierten TB-Fällen ist von großer Bedeutung, da er Informationen zur Empfindlichkeit der Bakterien gegenüber verschiedenen Antibiotika liefern kann. Dies hilft bei der Auswahl der wirksamsten Behandlungsoptionen. Sind die Tuberkulosebakterien also erfolgreich nachgewiesen, werden sie anschließend auf ihre Empfindlichkeit (Resistenztestung) gegenüber antituberkulösen Medikamenten getestet. Außerdem kann bei erfolgreich angelegter Kultur das Vermehrungsvermögen (Vitalität) der Erreger eingeschätzt werden. Dieses Verfahren dauert mehrere Wochen (RKI, 2006).

In den Jahren 2020 bis Ende 2023 wurden in der Tuberkulose-Beratungsstelle der Region Hannover insgesamt 725 sogenannte Sputum-Untersuchungen abgenommen und weitere 598 Tests mitgegeben oder zugesandt.

### **Lungenspiegelung/Bronchoskopie**

Die Lungenspiegelung, auch Bronchoskopie genannt, ermöglicht Ärzt\*innen, direkte Einblicke in die Atemwege und die

Lunge der Patient\*innen zu erhalten, um Anzeichen von Tuberkulose oder anderen Lungenproblemen zu erkennen (siehe auch Abbildung 33).

Das Bronchoskop ist ein flexibles Instrument mit einer winzigen Kamera am Ende. Es wird durch den Mund oder die Nase des Patienten/der Patientin in die Atemwege eingeführt. Dies ermöglicht dem Arzt oder der Ärztin, die Luftröhre, die Bronchien und Teile der Lunge zu inspizieren. Für diese Untersuchung werden die Patient\*innen entweder unter Narkose oder eine lokale Betäubung gesetzt.

Der Vorteil der Lungenspiegelung liegt darin, dass der Arzt bzw. die Ärztin das betroffene Areal einsehen und damit gegebenenfalls gezielt verdächtiges Gewebe entnehmen und untersuchen lassen kann. Das Gewebe wird anschließend in weiteren Untersuchungen, einschließlich bakterieller Kultur und molekularer Tests, auf Tuberkulosebakterien analysiert (Ferlinz, 2007).

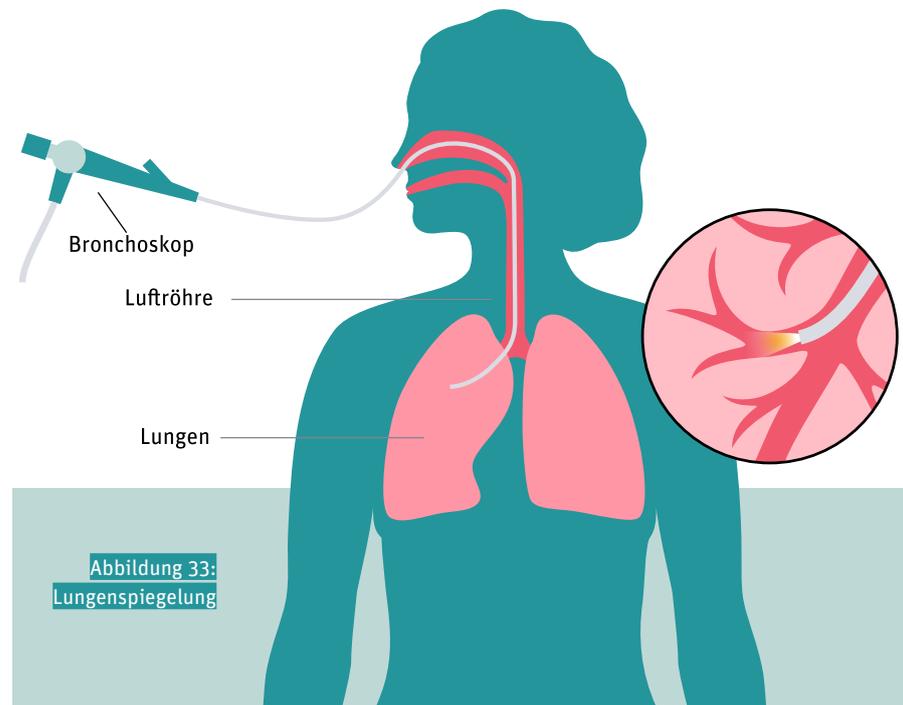


Abbildung 33:  
Lungenspiegelung

Die Lungenspiegelung ist demzufolge eine wichtige diagnostische Methode bei Verdacht auf Tuberkulose. Sie ermöglicht eine genaue Beurteilung des Zustands der Atemwege und der Lunge sowie die Entnahme von Proben zur Bestätigung oder zum Ausschluss der Krankheit. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die Lungenspiegelung ein invasives Verfahren ist und einige Risiken mit sich bringen kann, wie beispielsweise leichte Blutungen oder Infektionen. Die Entscheidung zur Durchführung einer Lungenspiegelung wird daher in enger Absprache mit einem qualifizierten Arzt oder einer qualifizierten Ärztin getroffen und in aller Regel im Krankenhaus durchgeführt.

### Polymerase-Kettenreaktion (PCR)

Die Polymerase-Kettenreaktion (PCR – Polymerase Chain Reaction) ist ein Verfahren zur Vervielfältigung von DNA und wird als molekular-genetische Testmethode zum Nachweis von Tuberkulosebakterien in unterschiedlichen Untersuchungsmaterialien, wie zum Beispiel ausgehustetem Sekret (Sputum), Gewebeproben, Magensaft oder Urin, eingesetzt. Dieses Verfahren bietet in weniger als zwölf Stunden den schnellsten Hinweis für eine Tuberkulose-

erkrankung (Lange et al., 2006). Praktische Anwendung findet es auch bei Vaterschaftstests oder Untersuchungen des genetischen Fingerabdrucks bei Kriminalfällen.

Bei der Polymerase-Kettenreaktion werden keine kompletten DNA-Doppelstränge vervielfältigt, sondern nur zuvor festgelegte Teilabschnitte. Diese Teilabschnitte kann man sehr präzise durch Primer festlegen. Ein Primer ist eine künstlich hergestellte Spiegelbildkopie eines Abschnitts aus der nachzuweisenden DNA-Sequenz. Der Primer zeigt an, wo die Vervielfältigung beginnen soll. Das eigentliche Kopieren erfolgt schließlich durch das Enzym DNA-Polymerase, das an den Primer andockt.

Um Tuberkulosebakterien nachzuweisen, wird die Probe einem Verfahren unterzogen, bei dem die DNA der Tuberkulosebakterien – wenn vorhanden – durch Erhitzen anderer Zellkomponenten getrennt wird. So wird sichergestellt, dass die PCR anschließend spezifisch auf die DNA der Zielbakterien reagiert. Anschließend werden die Primer an die gewonnenen DNA-Sequenzen gebunden und die Sequenzen werden verdoppelt. Dies wird in Zyklen wiederholt, sodass die Menge der gewonnenen

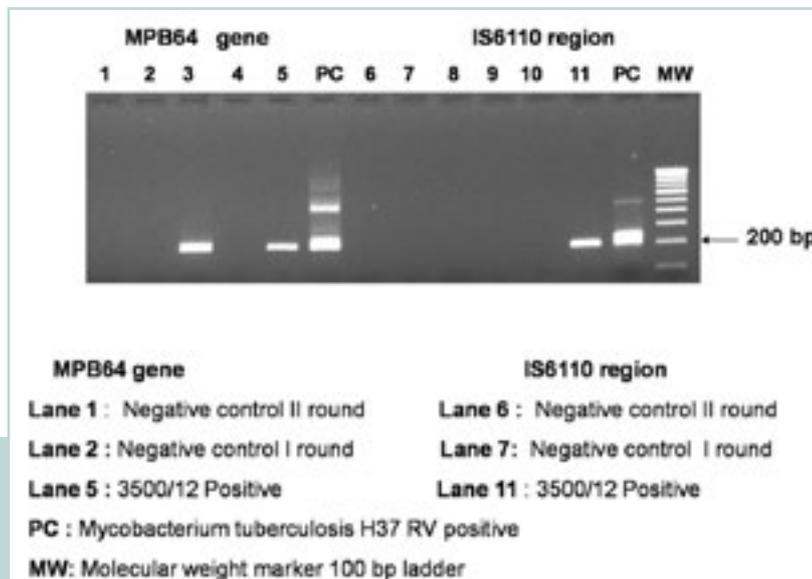
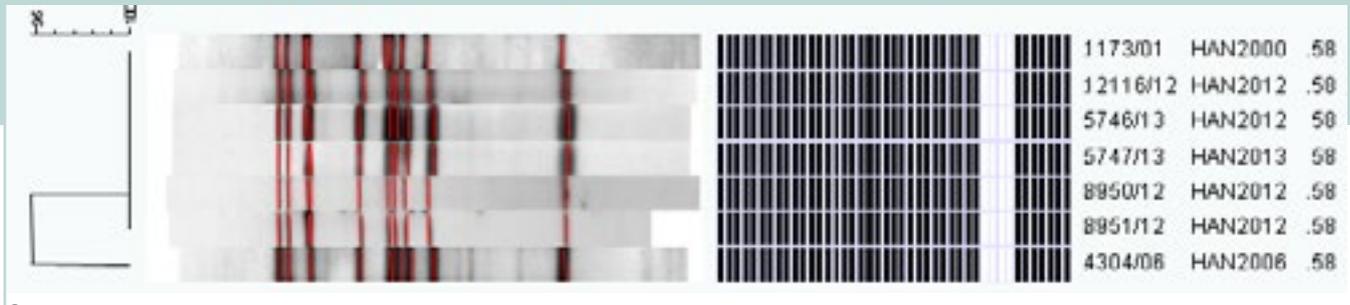


Abbildung 34: Positive PCR für *Mycobacterium tuberculosis*



**Abbildung 35:**  
**Bandenmuster des DNA-Fingerprintings**

DNA exponentiell zunimmt (also 2–4–8–16 usw.). Während der Zyklen werden fluoreszierende Markierungen verwendet, die sich an die vervielfältigte DNA binden. Über die gemessene Stärke der fluoreszierenden Signale kann abschließend die Menge der Tuberkulose-DNA abgeschätzt werden. Wenn das Signal über einem bestimmten Schwellenwert liegt, wird die Tuberkulose-DNA als nachgewiesen betrachtet. Die Analyse kann auch zur Unterscheidung zwischen verschiedenen Mykobakterienstämmen verwendet werden.

Ein positives Ergebnis der PCR bestätigt, dass im Untersuchungsmaterial Mykobakterien vorhanden sind. Allerdings kann die PCR nicht zwischen toten und lebendigen Bakterien unterscheiden. Aus diesem Grund beweist das alleinige positive PCR-Ergebnis eine Tuberkuloseerkrankung noch nicht endgültig, sondern sie muss anschließend durch das mikrobiologische Kulturverfahren bestätigt werden. Der Vorteil für den behandelnden Arzt bzw. die behandelnde Ärztin ist, dass mit PCR, schon bevor die Kulturergebnisse da sind, eine ausreichend spezifische vorläufige Diagnose vorliegt, mit der Therapieentscheidungen gerechtfertigt werden können.

### **Integrierte molekulare Surveillance (früher DNA-Fingerprinting)**

Die integrierte molekulare Surveillance bei Tuberkulose bezieht sich auf den Einsatz molekularer Techniken, wie beispielsweise Spoligotyping, MIRU-VNTR oder Whole Genome Sequencing (WGS), zur Überwachung (Surveillance) und Verfolgung von Tuberkuloseerregern. Durch die Analyse der DNA können Wissenschaftler\*innen die Verbreitung und die genetische Vielfalt von Tuberkulosestämmen besser nachvollziehen. Da sich Tuberkulosebakterien

im Lauf der Zeit entwickeln und verändern können, ist es wichtig, ihre genetischen Profile zu verstehen, um beispielsweise Ausbrüche zu verfolgen, Infektionsketten zu identifizieren und Resistenzen gegenüber Medikamenten zu überwachen.

Während beim Spoligotyping und MIRU-VNTR spezifische Abschnitte des Genoms untersucht werden, nimmt sich das Whole Genome Sequencing die sequentielle Bestimmung der gesamten DNA vor. Die integrierte molekulare Surveillance ermöglicht damit, Fälle von Übertragung – also Ansteckung – aufzudecken. Sie weist mit einer gewissen Sicherheit nach, ob es sich um den identischen Keim einer anderen erkrankten Person handelt oder nicht. Für Arbeitnehmer\*innen im Gesundheitswesen, die für den Unfallversicherer nachweisen müssen, dass es sich um eine berufsbedingte Erkrankung handelt, war diese Entwicklung (damals noch das DNA-Fingerprinting) aus den 90er Jahren bahnbrechend (Niemann und

Diel, 2010). Manchmal konnten die bis dahin üblichen Untersuchungen und Recherchen keine offensichtliche Schnittstelle zwischen verschiedenen Personen feststellen. In den Fallbeispielen am Ende des Berichts wird dies später noch einmal deutlich.

Gewonnene Bakterienisolate hinterlassen nach einem speziellen Verfahren bestimmte Bandenmuster, den sogenannten Fingerabdruck des Tuberkuloseerregers (siehe auch Abbildung 35). Wie beim klassischen Fingerabdruck kann man Fingerprintmuster vergleichen, eindeutig zuordnen und so eine Infektionskette aufdecken. Die Erregerstämme zweier Patient\*innen können so auf verhältnismäßig einfache und günstige Weise verglichen werden. Auch zu erkennen ist, ob sich die Patient\*innen gegenseitig angesteckt haben oder es sich jeweils um eine neue Erkrankung handelt. Insbesondere bei Ausbruchuntersuchungen ist es sehr sinnvoll, diese recht kostengünstige Methoden einzusetzen.

Die integrierte molekulare Surveillance kann auch auf Mutationen hinweisen, die mit Resistenz gegenüber bestimmten Medikamenten in Verbindung stehen, was bei der Auswahl wirksamer Behandlungsregime hilfreich ist.

Im Anhang findet sich ein Gastbeitrag von Dr. Viola Dreyer und Prof. Stefan Nie-

mann aus dem Forschungszentrum in Borstel, die auf die Genotypisierung und Clusteranalyse von Mycobacterium-tuberculosis-Komplex-Stämmen eingehen.

## BEHANDLUNG

Die Behandlung soll die Krankheitserreger vernichten, also abtöten. Tuberkulose ist bei rechtzeitiger Diagnose und geeigneter Therapie in der Regel gut behandelbar. Sind keine lebenden, krankheitsverursachenden Erreger mehr vorhanden, kann sich der Organismus wieder erholen. Ohne Behandlung sterben auch heute noch etwa 50 Prozent der Erkrankten an ihrer Tuberkulose, weitere 25 Prozent erleiden einen Rückfall. Nur bei rund einem Viertel der Erkrankten kommt die Tuberkulose zum Stillstand. Die Therapie erfolgt heutzutage, dank der enormen Fortschritte in der medizinischen Forschung der vergangenen 50 Jahre, in der Regel medikamentös (Ferlinz, 2007).

Im Jahr 1943 startete die medikamentöse Behandlung mit dem Antibiotikum Streptomycin, das der US-amerikanische Biochemiker und Nobelpreisträger Selman A. Waksman aus dem Pilz *Streptomyces griseus* gewinnen konnte. In den folgenden Jahren wurden weitere hochwirksame Antibiotika eingeführt, beispielsweise Isoniazid (1952), Pyrazinamid (1954), Cycloserin (1955), Ethambutol (1962), Rifampicin (1963) und die neueren Aminoglykoside und Chinolone, die auch heute noch angewandt werden (Lorenz, 2010). Die Standardtherapiedauer betrug in den frühen 50er Jahren noch 24 Monate und reduzierte sich durch die neuen Medikamente und Kombinationen in den 60er Jahren auf 18 Monate. Nach der Entdeckung von Rifampicin, das mit Streptomycin, Isoniazid und Ethambutol kombiniert wurde, halbierte sich die Therapiedauer in den 70er Jahren auf neun Monate, bis schließlich in den 80er Jahren durch Neukombination mit Pyrazinamid die heutige Standardtherapiedauer von sechs Monaten erreicht wurde. Eine von Dorman et al. 2021 veröffentlichte Studie mit einer Kombination von Rifapentin und Moxifloxacin zeigte vergleichbare Therapieerfolge zur Standardtherapie innerhalb von vier Monaten (Günther et al., 2023, Dorman et al., 2021).

Da die heute verfügbaren Medikamente gegen Tuberkulose sehr wirksam sind, beginnt die Behandlung in der Klinik nur deshalb, um Nebenwirkungen frühzeitig zu erkennen. Wenn keine Infektiosität mehr besteht, wird die Behandlung zum größten Teil ambulant fortgeführt. Der Patient oder die Patientin ist zu Hause, nimmt regelmäßig die verordneten Medikamente ein und geht lediglich zu den vereinbarten Kontrollen zum Arzt oder zur Ärztin. Patient\*innen, die schwer krank sind oder Erkrankte, die mit einer offenen Lungentuberkulose in der ansteckungsfähigen Zeit nicht isoliert werden können (zum Beispiel Menschen in Gemeinschaftsunterkünften), werden häufig länger stationär behandelt. Dies gilt auch für Patient\*innen, die einen Rückfall erleiden, deren Tuberkuloseerreger resistent gegen die Standardmedikamente sind oder für Menschen, die noch an anderen schweren Krankheiten leiden (DZK, 2007).

Die Medikamente (siehe auch Abbildung 36), die aus der Gruppe der Antibiotika stammen, nennt man Antituberkulotika (früher auch Tuberkulostatika). Sie werden meistens zwischen sechs Monate (bei unkomplizierter Tuberkulose) und zwei Jahre lang eingenommen; zu Beginn, in der achtwöchigen Initialphase, sind es vier verschiedene. Dies hat mit den spezifischen Charaktereigenschaften der Tuberkuloseerreger zu tun. Wie bei der Tumorthherapie spricht man von einer Chemotherapie. Die Tuberkulosebakterien vermehren

sich sehr langsam (alle 16 bis 20 Stunden). In der Vermehrungsphase ist ihr Stoffwechsel aktiv und bestimmte Medikamente können sie gut angreifen. Dieselben Medikamente haben jedoch keinen Einfluss auf die Erreger, wenn diese sich in einem ruhenden Zustand ohne Teilungstendenz befinden. Hier muss ein anderer Wirkstoff eingesetzt werden. Darüber hinaus finden sich unter den Tuberkulosebakterien immer kleine Gruppen, die gegen ein Medikament unempfindlich (resistent) sind und daher mit diesem Wirkstoff nicht abgetötet werden können. Daher ist für eine erfolgreiche Behandlung immer eine Kombinationstherapie erforderlich, damit alle Bakterienformen erreicht und vernichtet werden können. Ansonsten würden nur die empfindlichen Keime und die unempfindlichen Keime, die sich weiter vermehren, voneinander getrennt. Zudem muss man die Medikamente optimal dosieren. Bei Unterdosierung entwickeln die Erreger Resistenzen, bei einer Überdosierung können vermehrt unerwünschte Nebenwirkungen auftreten (Forßbohm et al., 2002).

### Standardtherapie

Auf die etwa achtwöchige Initialphase, in der in der Regel vier Medikamente eingesetzt werden (4-fach-Kombinationsbehandlung) folgt die Erhaltungstherapie. Sie dauert im Normalfall mindestens vier



Abbildung 36:  
Tuberkulose-  
medikamente

Monate, währenddessen die Erkrankten zwei weitere Medikamente einnehmen. Dies gilt, wenn keine Antibiotikaresistenzen vorliegen (Heyckendorf et al., 2012). Wenn die Tuberkulose aufgrund von Resistenzen schwer verläuft oder wenn nach zwei Monaten Therapie immer noch säurefeste Stäbchen im Auswurf nachgewiesen werden, müssen andere Wirkstoffe und Behandlungsdauern eingesetzt werden.

Entscheidend für eine erfolgreiche Therapie ist neben der Verträglichkeit der Medikamente (siehe Nebenwirkungen der Medikamente) die gute Mitarbeit der Patient\*innen (Compliance). Die Erkrankten fühlen sich in der Regel schon nach einigen Wochen der Medikamenteneinnahme wieder gesund. Dennoch müssen sie die Medikamente aufgrund der oben angesprochenen spezifischen Charaktereigenschaften der Tuberkuloseerreger weiterhin unbedingt in der korrekten Dosierung und vorgesehenen Behandlungsdauer einnehmen. Werden die Tabletten nicht korrekt, zu kurz oder gar nicht eingenommen, kann das einen Rückfall oder die Entwicklung einer resistenten Tuberkulose zur Folge haben.

Abbildung 37: Prozentualer Anteil von MDR-Tuberkulose-Neuerkrankungen (weltweit)

### Therapie bei mehrfach- und extrem resistenten Tuberkulosen

Es gibt Patient\*innen, wo einige Antituberkulotika nicht mehr wirken. Tuberkulosen, bei denen mehr als zwei der Erstrang-Antituberkulotika nicht mehr wirksam sind, werden als mehrfachresistente Tuberkulosen (polyresistente Tuberkulosen) bezeichnet. Eine besondere Form der Polyresistenz besteht, wenn Erkrankte gegen die beiden wirksamsten Antituberkulotika Isoniazid (INH) und Rifampizin (RMP) unempfindlich sind („multiresistente“ oder MDR-Tuberkulose). In diesem Fall müssen die betroffenen Medikamente durch andere antituberkulös wirksame Medikamente aus der „zweiten“ oder sogar „dritten Reihe“ (sogenannte Zweitrang- bzw. Drittrangmedikamente) ersetzt werden. Weil diese weniger wirksam sind, verlängert sich die Therapie auf bis zu zwei Jahre. Bei den Zweitrang- und Drittrangmedikamenten treten zudem häufiger unerwünschte Nebenwirkungen auf.

Die lange Therapiedauer ist einer der Faktoren, der dafür verantwortlich ist, dass die Therapieerfolgsraten der medikamentenresistenten Tuberkulosen weltweit gesehen zu niedrig sind und nur jede zweite Tuberkulose

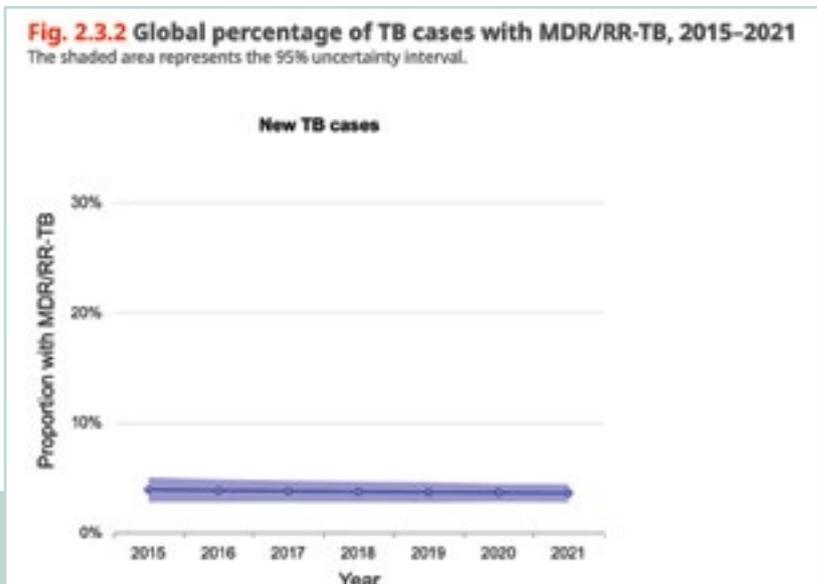
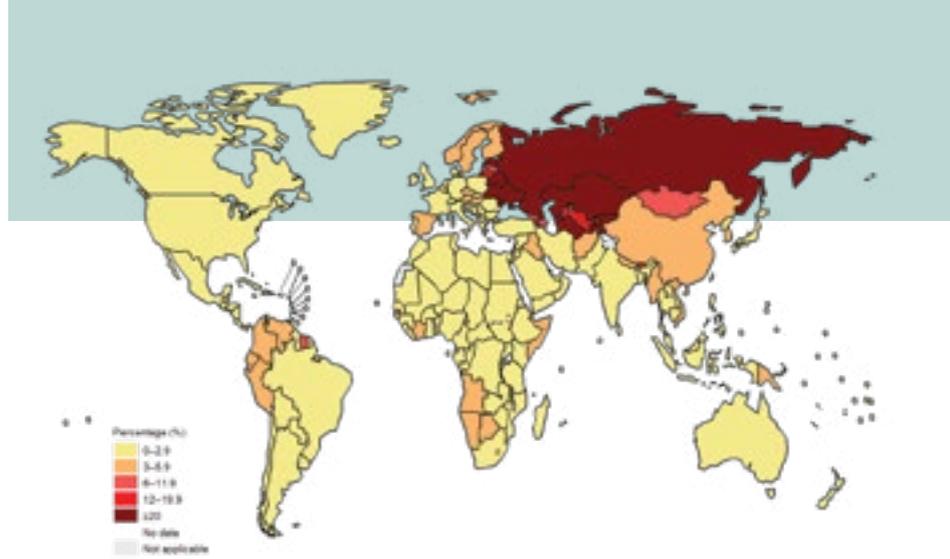


Abbildung 38: Anteil der nicht vorbehandelten Tuberkuloseerkrankungen mit Multiresistenzen



erfolgreich behandelt wird. Es befinden sich viele neue Medikamente in der klinischen Entwicklung. In Studien konnte gezeigt werden, dass die Behandlungsdauer mit neueren Medikamenten, wie Bedaquilin, Delamanid, Linezolid oder Pretomanid, erheblich verkürzt werden konnte (Kröger, 2023). Die neuen WHO Therapieempfehlungen für die Therapie der MDR/RR-TB aus dem Jahr 2022 beinhalten Kurzzeittherapieregime (BPaL oder BPaLM) über sechs oder neun Monate für die Behandlung einiger resistenter Tuberkuloseformen (MDR/RR-TB, Prä-XDR-TB) (WHO, 2022).

Weil vielerorts Medikamente nicht korrekt eingenommen werden (können), gibt es inzwischen auch Tuberkulosebakterien, die gegenüber Reservemitteln unempfindlich sind. Diese schwer behandelbaren Tuberkulosen werden „extrem resistente Tuberkulosen“ genannt (Ferlinz, 2007).

Die WHO sammelt seit 1994 systematisch die verfügbaren Daten über den Grad der Resistenz gegen Tuberkulosemedikamente. Bis 2021 wurde dabei immer nur der letzte Datenpunkt aus der jeweiligen Region bzw. dem Land genutzt, sodass keine Analyse

von Trends möglich war. Im Jahr 2022 wurde eine neue Methode entwickelt, um nun auch Zeitreihen zu Schätzungen für den Zeitraum von 2015 bis 2021 zu erstellen (siehe Abbildung 37).

Weltweit gab es 2021 schätzungsweise 450.000 Fälle von Rifampicin-resistenter bzw. multiresistenter Tuberkulose. Dies ist ein Anstieg von gut drei Prozent gegenüber den 437.000 geschätzten Fällen aus dem Jahr 2020 und wahrscheinlich die Folge der insgesamt gestiegenen Fälle von 2020 auf 2021. Insgesamt lag der Anteil an medikamentenresistenter Tuberkulose damit bei etwa 3,6 Prozent. Es traten schätzungsweise 191.000 Todesfälle aufgrund von medikamentenresistenter Tuberkulose im Jahr 2021 auf (WHO, 2022). Für 2022 nimmt die WHO etwa 410.000 Fälle an. Ein Grund für die Reduktion der geschätzten Fallzahlen liegt in der niedrigeren Schätzung der multiresistenten Tuberkulosen im Hochprävalenzland Pakistan. Entsprechend der niedrigeren geschätzten Fallzahl der medikamentenresistenten Tuberkulose geht die WHO von etwa 160.000 Todesfällen im Jahr 2022 aus (WHO, 2023). Die Abbildung 38 zeigt, dass es sich in Russland bei mindestens jeder fünften Tuberkulose-Neuerkrankung um eine äußerst schwer und aufwendig behandelbare Form handelt. Bei Menschen, die bereits aufgrund einer Tuberkulose vorbehandelt wurden, liegt der Anteil der Tuberkulosen mit Multiresistenzen sogar bei über 50 Prozent (Abbildung 38a) (WHO, 2023).

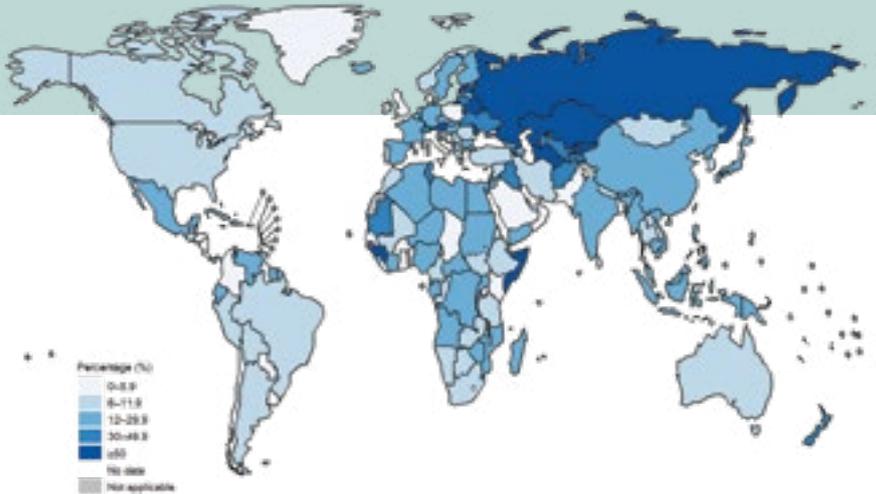


Abbildung 38a: Anteil vorbehandelter Tuberkuloseerkrankungen mit Multiresistenzen

### Kontrolluntersuchungen und Nebenwirkungen der Medikamente

Wie bei allen Medikamenten gibt es auch bei den antituberkulösen Medikamenten mögliche unerwünschte Nebenwirkungen. Grundsätzlich sind die Tuberkulosemedikamente der ersten Wahl recht gut verträglich. Damit Dauerschäden vermieden werden können, müssen unerwünschte Auswirkungen rasch erkannt werden. Daher wird vor Beginn der Therapie ein kompletter Untersuchungsstatus der Erkrankten erstellt. Während der gesamten Therapiedauer bleiben die Patient\*innen unter ärztlicher Kontrolle. In der Regel macht der Arzt oder die Ärztin alle vier Wochen eine Kontrolluntersuchung. So kann festgestellt werden, ob die Behandlung erfolgreich ist. Der Rückgang des tuberkulösen Prozesses oder die Sputumkonversion wird dokumentiert und Nebenwirkungen werden rechtzeitig festgestellt (Forßbohm, 2002).

Zur Kontrolle gehören Blutuntersuchungen, Röntgenaufnahmen der Lunge und bakteriologische Sputumuntersuchungen (Untersuchungen des Auswurfs). Häufiger steigen einige Leberenzyme während der antituberkulösen Therapie an. Dies wird beobachtet und die Behandlung gegebenenfalls angepasst. Je nach Medikament müssen die Patient\*innen zusätzlich regelmäßig den Augenarzt oder die Augenärztin aufsuchen, da Sehstörungen auftreten können. Darüber hinaus gibt es Medikamente, die die Wirkung einer Anti-

babypille aufheben können. An Tuberkulose erkrankte Frauen, die nicht schwanger werden wollen, dürfen aber keinesfalls das Medikament absetzen, sondern müssen eine Schwangerschaft auf andere Weise verhüten. Bemerken die Patient\*innen selbst Nebenwirkungen, müssen sie dies sofort den behandelnden Mediziner\*innen mitteilen (Ferlinz, 2007).

### PROPHYLAXE/PRÄVENTION

Prävention leitet sich aus dem lateinischen „*praevenire*“ ab und bedeutet vorbeugen. Prophylaxe stammt von dem griechischen Wort „*prophylaxis*“ ab und wird mit „Vorsicht“ bzw. „Behutsamkeit“ übersetzt. Gemeint sind Maßnahmen mit dem Ziel, Risiken zu umgehen oder unerwünschte Effekte zu minimieren. Die Bedeutung der beiden Begriffe ist also ähnlich. Dennoch werden sie im Bereich der Tuberkulosebekämpfung unterschieden.

Wenn ein Mensch relevanten Kontakt (siehe auch Tabelle 3) zu einer ansteckenden tuberkuloseerkrankten Person hatte und in einer Umgebungsuntersuchung über Hauttest oder IGRA auf eine Infektion mit

Tuberkuloseerregern getestet wurde, sind zwei Ergebnisse möglich: Fällt der Test negativ aus, heißt das, es hat wahrscheinlich keine Infektion stattgefunden. Fällt das Testergebnis positiv aus, bedeutet das, der Körper hat auf die eingedrungenen Erreger messbar reagiert. Wenn keine Infektion stattgefunden hat, muss in der Regel nichts weiter unternommen werden. Dies gilt allerdings nicht für Kinder unter fünf Jahren. Da hier das Erkrankungsrisiko um ein Vielfaches höher ist und die Krankheitslast – also die Schwere der Erkrankung – häufig viel dramatischer ist, werden Kinder sofort auf eine mögliche Infektion getestet. Wenn das Ergebnis negativ ist, wird eine Chemoprophylaxe bis zum zweiten Test nach Ablauf der acht Wochen empfohlen. Man spricht von Prophylaxe und nicht von Prävention, wenn keine Infektion nachgewiesen werden kann. Säuglinge und Kleinkinder sollen also – obwohl eventuell keine Infektion stattgefunden hat – vorsorglich über einen überschaubaren Zeitraum Medikamente gegen einen möglichen Ausbruch der Erkrankung einnehmen, um bestmöglich geschützt zu sein. Weiterhin wägt man im Einzelfall bei Personen mit erheblich geschwächtem Immunsystem, wie beispielsweise HIV-Infizierten oder Patient\*innen, die sich gerade in einer Krebstherapie befinden, ab, ob eine Chemoprophylaxe durchgeführt werden sollte, da die Krankheit hier schwer und generalisiert verlaufen kann (Hauer et al., 2012). Die Chemoprophylaxe mit Isoniazid reduziert das Risiko, eine aktive Tuberkulose zu entwickeln, um etwa 60 Prozent. Das hat die Cochrane Collaboration, eine internationale gemeinnützige Organisation, die aktuelle medizinische Informationen und Evidenz zu therapeutischen Fragen allgemein verfügbar machen will, in einer umfangreichen Literaturstudie ermittelt (Smieja et al., 2000).

Wenn das Testergebnis positiv ausgefallen ist und sich die Person wahrscheinlich infiziert hat, wird sorgfältig nach Nutzen und Risiko der Präventionsmaßnahme (also Medikamenteneinnahme) abgewogen, ob eine Chemoprävention sinnvoll ist, da, wie beschrieben, geschätzt nur etwa jeder/jede zehnte Infizierte im Lauf seines/ihres Lebens erkrankt. Die Prävention soll verhindern, dass die Erkrankung nach der Infektion ausbricht. Auch spielen individuelle Risikofaktoren, wie beispielsweise eine HIV-Infektion, eine zurückliegende Organtransplantation, eine bestehende intravenöse Drogen-

abhängigkeit, chronisches Nierenversagen, Diabetes oder Silikose, eine ausschlaggebende Rolle bei der Entscheidung für oder gegen eine Chemoprävention (Diel und Nienhaus, 2012).

Die wirksamste allgemeine Präventionsmaßnahme für die Bevölkerung ist die möglichst frühzeitige Diagnose der Erkrankung und die umgehende Isolierung der infektiösen Person, um die Umgebung zu schützen.

Weil die Fälle von Tuberkulose-Neuerkrankungen in den vergangenen Jahrzehnten zurückgehen, haben Ärzt\*innen hier weniger Erfahrung mit der Diagnose und Therapie der Erkrankung sammeln können. Betrachtet man die Anzahl der Neuerkrankungen der zurückliegenden Jahre in der Region Hannover und stellt sie der Anzahl der niedergelassenen Mediziner\*innen gegenüber, so wird deutlich, dass viele Ärzt\*innen über Jahre vermutlich keinen Tuberkulosefall behandelt haben. Demnach liegt das Augenmerk, wenn ein Patient oder eine Patientin mit den typischen unspezifischen Symptomen der Tuberkulose in die Praxis kommt, nicht unmittelbar auf dieser Krankheit. Das kann zu Fehldiagnosen führen, die Behandlung einer Tuberkulose verzögern und die Infektionsgefahr für Kontaktpersonen erhöhen (Hauer et al., 2012, Erb et al., 2004).

## IMPFUNGEN

1909 versuchten der französische Mikrobiologe Albert Léon Charles Calmette und sein Assistent Camille Guérin ein Mittel gegen die Tuberkulose zu finden. Sie schwächten Tuberkulosebakterien aus menschlichem und bovinem Gewebe ab, bis die Bakterien nur noch eine geringe Virulenz aufwiesen. Mit dieser Bakterienvariante, die sie BCG (Bacille Calmette Guérin) nannten, wurden ab 1924 in Frankreich, Amerika, Russland und Spanien Hunderttausende Babys oral geimpft. Die Tuberkulosesterblichkeit bei den in gefährdeten Milieus geborenen und aufgewachsenen Kindern sank in der Folge fast auf null, schreibt der Medizinhistoriker Stefan Winkle (Seewald 2022).

Von dem offensichtlichen Erfolg beeindruckt, entschieden sich der Direktor des Allgemeinen Krankenhauses in Lübeck wie auch der Leiter des Gesundheitsamtes dazu, die Impfungen auch in Deutschland anzuwenden. Eltern wurden ermuntert, ihre Kinder impfen zu lassen. Es kam zur größten Impfkatastrophe in Deutschland.

Von Ende Februar bis Mitte April 1930 wurden insgesamt 251 Säuglinge geimpft. Der erste Todesfall trat am 17. April auf. Nach weiteren Todesfällen stoppte der Direktor des Krankenhauses die Impfungen. Dennoch verstarben insgesamt 72 Kinder

an der Impfung. In den späteren Gerichtsverhandlungen stellte sich heraus, dass die Impfkulturen in Paris ohne Sicherheitsvorkehrungen direkt neben virulenten Tuberkulosekulturen gelagert worden waren und die Säuglinge mit eben diesen virulenten Tuberkulosebakterien geimpft wurden. Die Ärzt\*innen im Lübecker Krankenhaus übersahen darüber hinaus die ersten tuberkulosetypischen Symptome bei den Säuglingen. Das Gericht verurteilte den Direktor und den Leiter des Gesundheitsamtes zu geringen Haftstrafen und stellte ein „nichterkanntes Versehen“ fest. Die Hansestadt musste für Schadensersatz aufkommen (ebd.).

Dennoch setzte sich die BCG-Impfung durch und wurde lange Zeit flächendeckend angewandt. Seit 1998 empfiehlt sie die Ständige Impfkommision am Robert Koch-Institut (STIKO) jedoch nicht mehr (RKI, 2013). Der Impfstoff bietet insbesondere bei Erwachsenen nur begrenzten Schutz und verursacht relativ häufig Nebenwirkungen. Bei Kindern scheint die Impfung einigermaßen zuverlässig gegen die tuberkulöse Meningitis und Miliartuberkulose zu schützen.

Gegen eine flächendeckende Impfung spricht heute auch die relativ geringe Anzahl von Tuberkulose-Neuerkrankungen in Deutschland. Obwohl sie weltweit zu den am weitesten verbreiteten Impfungen gehört, konnte auch die BCG-Impfung die Verbreitung der Tuberkulose nicht eindämmen (Ulbrichs und Kaufmann, 2006, Heyckendorf et al., 2012). Besonders in den Tropen und Subtropen wirkt der Impfstoff schlecht. Man vermutet, dass die



Abbildung 39:  
Das Lübecker Impfunglück

Bewohner durch bereits vorhandene nichtpathogene (nicht krankmachende) Mykobakterienarten bereits Immunantworten haben und daher der Impfstoff von den körpereigenen Abwehrzellen vernichtet wird, bevor er selbst das Immunsystem stimulieren kann (Andersen und Doherty, 2005). Eine große, in Indien durchgeführte Impfstoffstudie mit über 260.000 Menschen ergab, dass die Geimpften häufiger an Tuberkulose erkrankten als die Ungeimpften (BCG, 1980).

Nach einer Publikation von Diel et al. (2013) ist es unwahrscheinlich, dass die Tuberkulose ohne eine neue wirksame Impfung jemals eliminiert werden kann. Die Autor\*Innen schätzen, dass in Europa etwa 560 Millionen Euro in die Forschung und Entwicklung von neuen Impfstoffen investiert werden müssen.

## KOSTEN

Jede Erkrankung verursacht Kosten. Dazu gehören zum einen die Kosten, die unmittelbar mit der Erkrankung anfallen: Diagnostik, Behandlung, Pflege etc. Das sind direkte Kosten. Es entstehen aber weitere Kosten, zum Beispiel durch Arbeitsunfähigkeit. Die sich daraus ergebenden Kosten bedeuten einen Ressourcenverlust für die Gesellschaft und die Volkswirtschaft. Die Kosten, die eine Tuberkuloseerkrankung in Deutschland verursacht, können erheblich sein. Sie variieren je nach Schweregrad der Erkrankung sowie anderen individuellen Faktoren der Patient\*innen.

Die Behandlung von Tuberkulose erfordert in der Regel eine Kombination von Antibiotika über einen längeren Zeitraum, oft mehrere Monate bis zu einem Jahr oder länger. Diese Medikamente können teuer sein. Weiterhin fallen zusätzliche Kosten für Laboruntersuchungen, Röntgenaufnahmen und andere diagnostische Tests an. Bei schweren Fällen, wenn infektiöse Erkrankte nicht ambulant isoliert werden können (beispielsweise wenn sie in einer Gemeinschaftseinrichtung leben) oder wenn die Infektion auf andere Organe übergegriffen hat, kann ein längerer Krankenhausaufenthalt notwen-



Abbildung 40: Zusammensetzung der Kosten

dig sein. Dies verursacht erhebliche Kosten für die Unterbringung, Pflege und medizinische Versorgung der Erkrankten.

Tuberkulose kann auch dazu führen, dass Patient\*innen für längere Zeit arbeitsunfähig sind. Dies kann zu Einkommensverlusten führen und erhebliche finanzielle Auswirkungen auf die betroffenen Personen und ihre Familien haben. Selbst nach erfolgreicher Behandlung der Tuberkulose können langfristige Gesundheitsprobleme die Folge sein. Dazu zählen Lungenschäden, Atemprobleme und andere Komplikationen, die eine weitere medizinische Versorgung und zusätzliche Kosten verursachen können. Nicht zu vergessen sind die Kosten der Präventions- und Kontrollmaßnahmen. Es müssen erhebliche finanzielle und personelle Ressourcen eingesetzt werden, um Screening- und Kontaktverfolgungsmaßnahmen durchzuführen.

Diel und Kollegen (2013) haben in einer umfangreichen Literaturliteraturarbeit versucht, die Kosten der Tuberkulose zu beschreiben. Dabei haben die Autor\*Innen sowohl die direkten und indirekten Kosten als auch die sensible und die resistente Tuberkulose getrennt betrachtet. Für Deutschland entstanden 2012 nach den Ergebnissen der Literaturliteraturstudie folgende Kosten: Eine unkomplizierte Tuberkulose kostete im Durchschnitt für die stationäre und ambulante Behandlung knapp 7.400 Euro, während bei Vorliegen von Resistenzen etwa 52.000 Euro pro Patient\*in aufgewendet werden mussten. Dabei waren die unkomplizierten Tuberkulosefälle etwa 30 Tage und die Tuberkulosefälle mit Resistenzen etwa 86 Tage stationär aufgenommen. Hinzu kommen die indirekten Kosten, für die europaweit nur eine Publikation aus Deutschland zur Verfügung stand. Es wird geschätzt, dass für das Jahr 2012 – unabhängig davon, ob bei der Tuberkuloseerkrankung eine Resistenz vorlag oder nicht – noch einmal umgerechnet etwa 2.400 Euro pro Person durch Produktionsausfälle hinzugerechnet werden müssen.

Im Jahr 2019 veröffentlichte die WHO neue Therapieempfehlungen für die multiresistente (MDR-) und die extensiv arzneimittelresistente (XDR-)Tuberkulose. Diel und Kollegen (2021) bewerteten die Kosten für die Anwendung der Empfehlungen anhand von 86 Resistenzmustern, die in den Jahren 2018 und 2019 vom Nationalen Referenzzentrum für Mykobakterien identifiziert wurden. Sie berechneten die von den gesetzlichen Krankenkassen übernommenen Kosten und die krankheitsbedingten Produktivitätsverluste über einen Zeitraum von 18 Monaten. Danach ergaben sich Krankenhauskosten von 30.152 Euro pro MDR-Patient\*in. Die medikamentösen Kosten betragen im Mittel 66.854 Euro über einen Zeitraum von 18 Monaten (die Spanne lag zwischen 20.671 und 187.444 Euro). Die durchschnittlichen Kosten der Produktivitätsausfälle über einen sechsmonatigen Zeitraum lagen bei 11.410 Euro. Damit waren die insgesamt geschätzten Kosten um etwa 25 Prozent höher als bei den Empfehlungen der vorhergehenden Leitlinienversion aus dem Jahr 2016.

# AUFGABEN DES ÖFFENTLICHEN GESUNDHEITSDIENSTES IM BEREICH TUBERKULOSE

Ärzt\*innen in der Klinik oder Praxis haben das Ziel, einzelnen Patient\*innen zu helfen und sie zu heilen. Mediziner\*innen, Sozialarbeitende und medizinische Fachkräfte im Bereich Tuberkulose eines Gesundheitsamtes schützen in erster Linie die Bevölkerung vor Ansteckung und Erkrankung. Die Tuberkulose wird also von zwei Seiten bearbeitet.

Während die Mitarbeiter\*innen des Gesundheitsamtes in der Regel ziemlich genau wissen, was mit der erkrankten Person während des Krankenhausaufenthalts und danach passiert, ist das Gesundheitsamt für manch außenstehenden Arzt oder Ärztin oder Sozialarbeitende unbekanntes Terrain.

## GESETZLICHE GRUNDLAGEN

Eine ganze Reihe von Gesetzen, Vorschriften und Empfehlungen definieren und regeln die Arbeit der Beratungsstelle Tuberkulose im Fachbereich Gesundheitsmanagement. Dazu gehören:

- das Infektionsschutzgesetz (IfSG)
- das Niedersächsische Gesetz über den Öffentlichen Gesundheitsdienst (NGöGD)
- Teile des Niedersächsischen Gefahrenabwehrgesetzes
- Teile des Asylbewerberleistungsgesetzes
- die Wiedenzulassungsverordnung in Schulen
- Teile des Niedersächsischen Datenschutzgesetzes
- die Strahlenschutzverordnung
- das Sozialgesetzbuch (SGB II) – Grundsicherung für Arbeitssuchende
- das Sozialgesetzbuch (SGB V) – gesetzliche Krankenversicherung
- das Sozialgesetzbuch (SGB X) – Sozialverwaltungsverfahren und Sozialdatenschutz
- das Sozialgesetzbuch (SGB XII) – Sozialhilfe
- die Empfehlungen für die Umgebungsuntersuchungen bei Tuberkulose des DZK und
- die Datenschutz-Grundverordnung (DSG-V0)

Besonders wichtig ist das Infektionsschutzgesetz (IfSG). Das IfSG ist ein Bundesgesetz und steht damit über dem Landesgesetz NGöGD.

Der Zweck des Infektionsschutzgesetzes ist es, übertragbaren Krankheiten beim Menschen vorzubeugen, Infektionen frühzeitig zu erkennen und die Weiterverbreitung von ansteckenden Krankheiten zu verhindern. Es trat am 1. Januar 2001 in Kraft und löste damit das alte Bundesseuchengesetz aus dem Jahr 1961 ab. Der Leitgedanke bei der Verfassung des neuen Gesetzes war es, die Eigenverantwortung der Einzelnen bei der Prävention übertragbarer Krankheiten zu stärken und gleichzeitig die Träger und die Leiter\*innen von Gemeinschaftseinrichtungen, Lebensmittelbetrieben und Gesundheitseinrichtungen in die Verantwortung zu nehmen (Erb et al., 2004).

Das Infektionsschutzgesetz findet sich online unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/ifsg/> (Stand 2024).

Etwas einfacher ausgedrückt beinhaltet das IfSG, dass Erkrankung und Tod aufgrund behandlungsbedürftiger Tuberkulose auch bei fehlendem bakteriologischem Nachweis meldepflichtig sind – egal, welches Organ befallen und ob die Tuberkulose offen oder geschlossen ist bzw. war. Bereits wenn ein Arzt oder eine Ärztin Antituberkulotika als Therapie (nicht Prävention!) verschreibt, muss das dem Gesundheitsamt gemeldet werden. Bestätigt sich die Diagnose nicht, muss die Meldung widerrufen werden. Wird trotz Verdachts auf eine Tuberkuloseerkrankung

keine Behandlung durchgeführt, besteht keine Meldepflicht, auch wenn es im Einzelfall sinnvoll ist, sich mit dem zuständigen Gesundheitsamt in Verbindung zu setzen. Meldepflichtig ist die Diagnosestellung der Ärzt\*Innen, aber auch Patholog\*innen und Mikrobiolog\*innen, die säurefeste Stäbchen im Sputum sowie den kulturellen Nachweis des Mycobacterium-tuberculosis-Komplexes (*M. tuberculosis*, *M. africanum*, *M. bovis* ohne BCG, *M. canetti*, *M. microti*) nachweisen, sind zur Meldung verpflichtet. Außerdem ist das Ergebnis der Resistenztestung meldepflichtig. Die Meldung durch das Labor entbindet die behandelnden Mediziner\*innen nicht davon, eine behandlungsbedürftige Erkrankung an Tuberkulose zu melden. Auch Leiter\*innen von Pflegeeinrichtungen oder Heimen, wie auch Angehörige anderer Heil- und Pflegeberufe müssen die Erkrankungsmeldung an das zuständige Gesundheitsamt weiterleiten, es sei denn sie wissen, dass der Arzt oder die Ärztin die Erkrankung bereits gemeldet hat.

Das Infektionsschutzgesetz schreibt auch vor, dass Behandlungsabbrüche von behandlungsbedürftiger Lungentuberkulose gemeldet werden, um die Bevölkerung vor Ansteckung schützen zu können. Kliniken melden Krankenhausaufnahmen und -entlassungen von Tuberkulosepatient\*innen. Die zuständigen Mitarbeiter\*innen aus den Gesundheitsämtern sind verpflichtet, im Rahmen der Ermittlungen verschiedene Informationen, wie zum Beispiel frühere Erkrankungen an Tuberkulose, frühere TB-Behandlungen, Geburtsland und Staatsangehörigkeit der Patient\*in zu erfragen. Zusammen mit klinischen und bakteriologischen Parametern werden diese Informationen anonymisiert an das Landesgesundheitsamt und an das Robert Koch-Institut übermittelt und dort epidemiologisch ausgewertet.

Das Gesundheitsamt hat das Recht, „krankheitsverdächtige“ oder „ansteckungsverdächtige“ Personen vorzuladen, die dann gegebenenfalls eine Tuberkulin-, Blut- oder Röntgenuntersuchung dulden müssen. Patient\*innen können zum Schutz der Bevölkerung im Einzelfall auch in einem geeigneten Krankenhaus zwangsuntergebracht, also abgesondert werden.

Darüber hinaus sind die Gesundheitsämter verpflichtet, im Bereich Tuberkulose Beratungs- und Untersuchungsmöglichkeiten anzubieten. Risikopersonen mit besonderer Infektionsgefährdung sollen sie auch aufsuchend beraten und untersuchen. Im Einzelfall können die Ärzt\*innen des Gesundheitsamtes auch ambulant behandeln.

Wer in ein Altenwohnheim, Pflegeheim oder in eine Gemeinschaftsunterkunft für Obdachlose, Flüchtlinge, Asylbewerber\*innen oder Spätaussiedler\*innen aufgenommen wird, muss weiterhin ein ärztliches Zeugnis darüber vorlegen, dass bei ihm keine Hinweise auf eine ansteckungsfähige Lungentuberkulose vorliegen. Bei Aufnahme in eine Gemeinschaftsunterkunft für Flüchtlinge oder Asylbewerber\*innen oder in eine Aufnahmeeinrichtung für Spätaussiedler\*innen müssen Personen über 15 Jahren geröntgt werden. Wer in eine Gemeinschaftsunterkunft für Obdachlose aufgenommen wird, muss das Zeugnis ab dem dritten Tag nach Aufnahme vorlegen.

## **PERSONELLE UND TECHNISCHE AUSSTATTUNG IM FACHBEREICH GESUNDHEITSMANAGEMENT DER REGION HANNOVER**

Die Beratungsstelle Tuberkulose im Fachbereich Gesundheitsmanagement der Region Hannover besteht aus Fachärzt\*innen, Sozialarbeitenden, medizinischen Fachangestellten, Röntgenassistentinnen und Sachbearbeiterinnen. An technischer Ausrüstung stehen eine voll-digitale Röntgenanlage und ein kleines Labor zur Verfügung. Im Labor wird das Blut für den Interferon-Gamma Release Assay und Laborkontrollen zur Überwachung der Therapie abgenommen. Außerdem können hier Urin- und Sputumproben (Auswurf) abgenommen werden. Die weitere Labordiagnostik übernimmt das Niedersächsische Landesgesundheitsamt (NLGA). Zur Tuberkulose-Hauttestung wird ausschließlich der intrakutane Tuberkulintest nach Mendel-Mantoux (RT23 vom SSI in Kopenhagen) mit zwei internationalen Einheiten (iE) verwendet. Der Stempeltest wird wegen seiner geringeren Zuverlässigkeit seit Längerem nicht mehr angewandt. Dokumentiert wird zweigleisig, in Akten und digitalisiert.

## **BETREUUNG UND ÜBERWACHUNG AKTIVER TUBERKULOSEFÄLLE**

Wenn Mediziner\*innen oder Labore einen (Verdachts-)Fall melden, beginnen die zuständigen Mitarbeitenden der Beratungsstelle Tuberkulose mit den notwendigen Ermittlungen. Zuallererst wird die eingegangene Meldung dahingehend überprüft, ob die gemeldete Person in der Beratungsstelle Tuberkulose bereits bekannt ist, beispielsweise als frühere Kontaktperson oder auch als erkrankte Person. Neue Angaben werden zusammengeführt. Liegt die Wohnadresse nicht im Gebiet der Region Hannover, wird die Person nur erfasst. Im Anschluss werden alle Unterlagen im Original an das zuständige Gesundheitsamt weitergeleitet, damit der Patient bzw. die Patientin dort weiterbetreut wird.

Bei einem Wohnsitz in der Region Hannover kontaktieren die Mitarbeiter\*innen die erkrankte Person oder die Angehörigen und den behandelnden Arzt oder die Ärztin, um mehr über die Erkrankung und die mögliche Infektionsgefährdung der Umgebung zu erfahren. Bei den Ermittlungen gilt es auch zu klären, welche Personen in der Umgebung möglicherweise ansteckungsgefährdet waren. Entscheidend ist hier, wie eng und wie häufig der Kontakt war. Wichtig ist auch die Unterscheidung, ob ein Kontakt in geschlossenen Räumen oder im

	Dauer des Kontaktes, damit Infektionsgefährdung für Kontaktpersonen gegeben ist	Weitere Gefährdung einer Infektion mit Tuberkulosebakterien
<b>Hoch infektiös</b> = direkter Nachweis von säurefesten Stäbchen	8 h kumulative Expositionsdauer in geschlossenen Räumen	Intensiver Kurzkontakt
<b>Niedrig infektiös</b> = kultureller Nachweis von Tuberkulosebakterien	40 h kumulative Expositionsdauer in geschlossenen Räumen	Intensiver Kurzkontakt

Beobachtungszeitraum: mindestens 3 Monate vor Diagnosestellung, ggf. individuelle ärztliche Entscheidung.

**Tabelle 3: Dauer und Art des Kontakts zu einem Tuberkulosefall**

Freien stattgefunden hat. Personen, die nur wenig Kontakt zu der erkrankten Person hatten, sind weniger gefährdet als Personen aus dem Haushalt der Patient\*innen oder Personen mit mehrfachem Kontakt. Ausnahmen bilden die sogenannten intensiven Kurzkontakte. Bei den intensiven Kurzkontakten handelt es sich um ein- oder mehrmaligen engen Kontakt ohne Schutzmaßnahmen im Ausatembereich einer ansteckenden und hustenden Person, wie beispielsweise bei Untersuchungen beim HNO-, Augen- oder Zahnarzt, engen pflegerischen Tätigkeiten oder auch engem Kontakt im Polizeidienst. Konnten bei den Erkrankten bereits im Auswurf säurefeste Stäbchen unter dem Mikroskop nachgewiesen werden, geht von den Betroffenen ein besonders hohes Ansteckungsrisiko aus.

Diese Personen gelten als hochinfektiös. In diesem Fall werden die relevanten Kontaktpersonen nach einer deutlich kürzeren Kontaktdauer zu den Erkrankten untersucht (siehe auch Tabelle 3). Die Gefährdung von Kindern wird immer gesondert abgeklärt.

Auf der anderen Seite werden die Patient\*innen unterstützt, wenn es um Aufklärung oder Hilfestellung im Privat- oder Berufsleben geht. Patient\*innen und Angehörige benötigen in der Regel viele Informationen zur Erkrankung und ihren Auswirkungen, damit Ängste abgebaut werden können. Die Sozialarbeitenden und Mediziner\*innen der Tuberkulose-Beratungsstelle der Region Hannover klären die Erkrankten und die Kontaktpersonen des Haushalts (in der Regel Familienangehörige) umfassend auf und betreuen sie.

## DIAGNOSE UND MELDUNG EINES TUBERKULOSEFALLES

Ein neuer Tuberkulosefall wird in der Regel digital über eine Software oder über das Meldeformular gemeldet (siehe auch Abbildung 41).

**Meldeformular\*** - Vertraulich -  
Meldepflichtige Krankheit gemäß §§ 6, 8, 9 IfSG

Patient (Name, Vorname): .....  
Adresse: .....  
Geb. am: ..... Geschlecht:  weib.  männl.  divers  
Telefon (Festnetz, mobil): .....  
E-Mail: .....

Verdacht  Klinische Diagnose  Tod, Todesdatum: .....

Erkrankungsdatum<sup>1)</sup>: ..... Infektionszeitpunkt, -zeitraum<sup>2)</sup>:  
Diagnosedatum<sup>1)</sup>: ..... am/vom .....  
Datum der Meldung: ..... bis: .....

\* COVID-19: separates Meldeformular verwenden (s.u.)

**Botulismus**

**Cholera**

**Clostridioides (früher Clostridium) difficile Infektion (schwerer Verlauf)**  
 Labornachweis liegt vor  
 Endoskopie: pseudomembranöse Kolitis

**Kriterien für einen schweren Verlauf einer C. diff.-Infektion:**

Stationäre Aufnahme aufgrund einer ambulant erworbenen Infektion

Aufnahme/Verlegung auf Intensivstation

Chirurgicaler Eingriff (z.B. Kolektomie) wg. Megakolon, Darmperforation od. refraktärer Kolitis

Tod innerhalb von 30 Tagen nach Diagnose und Wertung der C. diff.-Infektion als direkte Todes-ursache od. als zum Tode beitragende Erkrankung

**Creutzfeldt-Jakob-Krankheit (CJK) / vCJK** (außer familial-hereditären Formen)

**Diphtherie**

Respiratorische Diphtherie

Hautdiphtherie

**Hämorrhagisches Fieber, viral**

Erreger<sup>3)</sup>: .....

**Hepatitis, akut viral; Typ<sup>4)</sup>**: .....

Fieber  Ikterus

Oberbauchbeschwerden

Serumtransaminasen, erhöhte

**HUS (hämolytisch-urämisches Syndrom, enteropathisch)**

Anämie, hämolytische

Nierenfunktionsstörung

Thrombozytopenie

**Masern**

Fieber  Exanthem

Husten  Konjunktivitis

Katarrh (wässriger Schnupfen)

**SPSE**

**Meningokokken-Meningitis/-Sepsis**

Septisches Krankheitsbild

Purpura fulminans  W-F-Syndrom

Fieber  Herz-/Kreislaufversagen

Hirndruckzeichen  Meningeale Zeichen

Lungentzündung  Exanthem

Haut-/Schleimhautreibblutungen

**Milzbrand**

**Mumps**

Geschw. Speicheldrüse(n)

Fieber  Hörverlust

Orchitis  Oophoritis

Meningitis/Enzephalitis  Pankreatitis

**Paratyphus**

**Pertussis (Keuchhusten)**

Husten (mind. 2 Wochen Dauer)

Anfallsweise auftretender Husten

Inspiratorischer Stridor

Erbrechen nach den Hustenanfällen

**NUB bei Kindern < 1 Jahr:** Husten Und Apnoen

**Orthopockenviren**

**Pest**

**Poliomyelitis**

**Röteln**

Postnatal  Konnatal

**Tollwut**

**Tollwutexposition, mögliche** (§ 6 Abs. 1 Nr. 4 IfSG)

**Typus abdominalis**

**Tuberkulose**

Erkrankung/Tod an einer behandlungsbedürftigen Tuberkulose, auch bei fehlendem Bak. Nachweis

Therapieabbruch/-verweigerung (§ 6 Abs. 2 IfSG)

**Windpocken (NICHT Gürtelrose)**

Ausschlag mit Papeln, Bläschen bzw. Pusteln und Schorf (sog. „Sternenhimmel“)

**Zoonotische Influenza** (RK-Empfehlungen beachten, gesondertes Meldebogen)

**Gesundheitliche Schädigung nach Impfung**

Zusätzliche Informationen werden über gesonderten Meldebogen erhoben, der beim Gesundheitsamt zu beziehen ist.

**Mikrobiell bedingte Lebensmittelvergiftung oder akute infektiöse Gastroenteritis**

a) bei Personen mit Tätigkeit im Sinne des § 42 Abs. 1 IfSG im Lebensmittelbereich

b) bei 2 oder mehr Erkrankungen mit wahrscheinl./vermutetem epidemischen Zusammenhang

Erreger<sup>5)</sup>: .....

**Andere bedrohliche übertragbare Krankheit / Gefahr für die Allgemeinheit** (§ 6 Abs. 1 Nr. 5 IfSG)

Art der Erkrankung / Erreger<sup>2)</sup>: .....

**Gehäuftes Auftreten nosokomialer Infektionen** (gemäß § 6 Abs. 3 IfSG, nichtnamentlich)

**Epidemiologische Situation**

Meldefall ist in medizinischer Einrichtung (§ 23 Abs. 5 IfSG)  tätig  wird dort betret

Überweisung am: ..... Intensivmed. Behandlung  ja  nein

Aufnahme am: ..... Entlassung am: ..... von: ..... bis: .....

Meldefall ist in Einrichtung/Unternehmen (§ 36 Abs. 1 u. 2, § 35 Abs. 1 IfSG)  tätig  wird dort betret

Schule  Kita/Krippe  Obdachlosenunterkunft  Asylbewerberunterkunft

Pflegeheim  Heim  JVA  sonst. Massenunterkünfte

sonstige Einricht./Unternehmen: .....

Zugehörigkeit zur Bundeswehr (BW)  Soldat:in / BW-Angehör.  Zivilperson (untergebracht in BW-Einricht.)

Patient/in ist im Lebensmittelbereich tätig (§ 42 Abs. 1 IfSG)

nur bei akuter Gastroenteritis, akuter viralen Hepatitis, Typhus, Paratyphus, Cholera

**Meldung ist Teil einer Erkrankungshäufung** (2 oder mehr Erkrankungen, bei denen ein epidemiologischer Zusammenhang vermutet wird)

Erreger, Ausbruchsort und -zeitraum, Exposition: .....

**Angaben zur wahrscheinlichen Infektionsquelle**

Angaben zur Quelle (Person, Produkt, Einrichtung, Gemeinschaftsunterkunft, Aktivität): .....

Auslandsaufenthalt von: ..... bis: ..... Land: .....

Aufenthalt in anderem Kreis von: ..... bis: ..... Kreis: .....

Blut-, Organ-, Gewebe-, Zellspende in den letzten 6 Monaten

Bei **Tuberkulose / Hepatitis B & C:** Geburtsstaat: ..... Staatsangehörigkeit: ..... ggf. Jahr der Einreise nach D.: .....

**Angaben zum Impfstatus (bei Meldungen zu impfpräventablen Krankheiten):**  nicht geimpft  Impfstatus unbekannt

Geimpft, Anzahl Impfdosen: ..... Datum der letzten Impfung: ..... Impfstoff: .....

**► unverzüglich zu melden an:**

Adresse des zuständigen Gesundheitsamtes: .....

Es wurde ein Labor /eine Untersuchungsstelle mit der Erregerdiagnostik beauftragt<sup>6)</sup>

Name/Ort/Telefonnummer des Labors: .....

Meldende Person/Einrichtung (Ärztin/Arzt, Praxis/Krankenhaus: Adresse, Tel.nr.): .....

**GA nach R12 oder Ort suchen:** <https://tools.isi.de/R12Tool/>

<sup>1)</sup> Wenn das genaue Datum nicht bekannt ist, bitte den wahrscheinlichen Zeitraum angeben. <sup>2)</sup> Falls bekannt <sup>3)</sup> Die Labornausschlusskennziffer 32006 umfasst Erkrankungen oder den Verdacht auf Erkrankungen, bei denen eine gesetzliche Meldepflicht besteht (§§ 6 und 7 IfSG). <sup>4)</sup> Die Ausnahmekennziffer 32004 umfasst kulturelle bakteriolog. Untersuchungen und die dazugehörige Empfindlichkeitsprüfung sowie die Untersuchung des Procalictonin (PCT). <sup>5)</sup> COVID-19 [Meldeformular](#)

Häufig kontaktieren und informieren die meldenden Mediziner\*innen aus der Praxis, dem Labor oder der Klinik die Ärzt\*innen aus der Beratungsstelle schon vorab. Immer wieder werden Erkrankungen an Tuberkulose aber auch bei einer Untersuchung im Gesundheitsamt festgestellt. In diesem Fall wird die zuständige Klinik alles Weitere abklären.

Die Sozialarbeitenden sollten möglichst früh über den Erkrankungsfall informiert werden, damit sie schnellstmöglich ein Erstgespräch mit den Patient\*innen führen können. Ist der Röntgenbefund in der Beratungsstelle auffällig, führen die zuständigen Ärzt\*innen sofort ein Informationsgespräch mit den Betroffenen. Darauf folgt das Erstgespräch mit den Sozialarbeitenden. Ansonsten suchen die Mitarbeiter\*innen den Patienten/die Patientin nach telefonischer Anmeldung in der Klinik oder zu Hause auf. Hat die erkrankte Person eine geschlossene und damit nicht ansteckungsfähige Form der Tuberkulose, bekommt er oder sie telefonisch oder schriftlich eine Einladung in die Beratungsstelle.

Beim Erstgespräch machen die Sozialarbeitenden noch einmal eine ausführliche Anamnese (Bestandsaufnahme) mit den Erkrankten. Die Sozialarbeiter\*innen der Beratungsstelle sind an enge Datenschutz-

Abbildung 41: Meldeformular gemäß IfSG

richtlinien gebunden. Informationen der Patient\*innen sind nur für die zuständigen Mitarbeitenden im Gesundheitsamt zugänglich, ansonsten vertraulich und geschützt. Zunächst wird gefragt, wie die Erkrankung aufgefallen ist, wie lange die Symptome schon bestanden und was schließlich der Anlass der Diagnose war. Wichtig ist, zu erfahren, ob es bereits in der Vergangenheit einen Kontakt zu einem Tuberkuloseerkrankten gab oder ob Tuberkulosefälle in der Familie oder im Umfeld bekannt sind. Auch bestehende oder zurückliegende Grunderkrankungen, die das Immunsystem beeinflussen, wie Diabetes, eine HIV-Infektion, Tumorerkrankungen oder Suchterkrankungen, werden dokumentiert. In diesem Zusammenhang werden die Patient\*innen ausführlich über die Ansteckungswege, Symptome und die Behandlung aufgeklärt.

Den Patient\*innen wird außerdem erklärt, dass die Umgebungsuntersuchung und gegebenenfalls eine Quellensuche notwendig ist (siehe auch Abschnitt Durchführung von Umgebungsuntersuchungen bei Kontaktpersonen), um Ansteckungen oder Erkrankungen möglichst zeitnah aufzudecken. Dazu werden die Kontaktdaten der Personen aufgenommen, zu denen sie innerhalb von sechs Monaten vor Beginn der Symptome relevanten Kontakt (siehe Tabelle 3) hatten. Zu den möglichen relevanten Kontakt-

personen gehören das enge Umfeld der Patient\*innen, wie die Familie und die Haushaltsangehörigen, Freund\*innen, Bekannte, Arbeitskolleg\*innen, Nachbarn, Gemeinschaftseinrichtungen wie Kindergarten, Schule, Vereine, Kirche etc., aber auch medizinische Praxen und andere Einrichtungen, die die Patient\*innen seit Beginn der Symptome aufgesucht haben. Mithilfe der Umgebungsuntersuchung sollen mögliche Infektionsquellen gefunden und Folgeerkrankungen frühzeitig erkannt werden, sodass die Infektionskette unterbrochen werden kann. Es ist wichtig, dass die Patient\*innen Verständnis für die Umgebungsuntersuchung haben, damit möglichst alle relevanten Kontaktpersonen erfasst und kontaktiert werden können.

Zur Aufklärung gehören auch detaillierte Informationen über die Erkrankung, die Ansteckungswege und die Therapie der Tuberkulose. Den Patient\*innen wird der Unterschied zwischen einer offenen (ansteckungsfähigen) und einer geschlossenen Tuberkulose ausführlich erklärt. Eine Person mit einer offenen Tuberkulose muss möglichst so lange isoliert werden, bis die Kontrolluntersuchungen ergeben, dass keine Ansteckungsgefahr für ihre Mitmenschen besteht. Die Erkrankten werden darauf hingewiesen, dass sie die verordneten Medikamente über den kompletten Therapiezeitraum verlässlich einnehmen müssen. In der Regel fühlen sich die Patient\*innen bereits nach kurzer Behandlungszeit wieder beschwerdefrei. Dennoch müssen sie die Antituberkulotika weiter einnehmen, damit die Erkrankung nicht wieder aufflammt oder sogar Resistenzen entstehen. Es gilt in der Therapiezeit außerdem, möglichst auf Alkohol und andere Drogen zu verzichten, da die Medikamente sonst schlechter vertragen werden oder ihre Wirksamkeit beeinträchtigt sein kann. Darüber hinaus sollten sich Erkrankte gesund ernähren und ausreichend ruhen. Die Bereitschaft, optimal bei der Therapie mitzuarbeiten, wird als gute Compliance bezeichnet.

Nicht selten treten in der Beratung aufgrund fehlender Deutschkenntnis der Betroffenen erhebliche Probleme bei der Verständigung auf. Hier haben die Mitarbeitenden der Beratungsstelle Tuberkulose ein gutes Netzwerk mit verschiedenen Dolmetscher\*innen.

Nach diesen tuberkulosespezifischen Themen beginnt die Sozialarbeit im engeren Sinn. Die Mitarbeitenden können prinzipiell alle Aufgaben eines Allgemeinen Sozialdienstes übernehmen: Problemklärung, Wegweiserberatung oder spezifische Betreuung, die sich aus der Tuberkuloseerkrankung ergibt. Nicht selten begleiten die Sozialarbeitenden die Patient\*innen zu verschiedenen Ämtern. Ein Teil der Erkrankten ist nicht krankenversichert – hier klären die Sozialarbeiter\*innen, wer die Kosten der Behandlung übernimmt. Weil sie im medizinischen, psychosozialen und rechtlichen Bereich spezialisiert sind, über Fachwissen verfügen und die Hilfsstrukturen genau kennen, können die Sozialarbeitenden der Tuberkulose-Beratungsstelle der Region Hannover effektiv und personensorientiert arbeiten.

Wie bereits erwähnt wurde, haben Menschen aus prekären Lebensverhältnissen ein deutlich erhöhtes Risiko, an einer Tuberkulose zu erkranken. Diese Menschen benötigen häufig eine besonders umsichtige und komplexe soziale Unterstützung. Sie fallen damit unter den Begriff der „komplexen Fälle“. Es gibt eine Reihe von Merkmalen, die einen komplexen Fall für die Sozialarbeitenden und Ärzt\*innen darstellen. Neben erkrankten Kindern gehören dazu unter anderen Menschen mit einer Immunschwäche oder Mehrfacherkrankungen, Menschen mit einer Suchterkrankung, einer psychischen Erkrankung oder mit Sprachbarrieren, wie auch Menschen mit einer resistenten Tuberkulose oder einer Rezidiverkrankung. Darüber hinaus gibt es Menschen mit erhöhtem Beratungsbedarf aufgrund von Ängsten oder auch mangelnder Bereitschaft, die Medikamente verlässlich einzunehmen oder Untersuchungen durchführen zu lassen. Eine erhöhte Komplexität eines Falls führt zu einer höheren Zeitintensität, da sich die Behandlungs- und Überwachungszeiträume verlängern. Diese Patient\*innen haben einen höheren Betreuungsbedarf, sodass in der Folge der Bedarf an Unterstützung durch die Sozialarbeitenden steigt, um einen umfassenden und wirksamen Infektionsschutz zu gewährleisten.

Die zeitnahe, korrekte und lückenlose Dokumentation ist in der Beratungsstelle Tuberkulose der Region Hannover von großer Bedeutung. Für eine vollständige Therapiedokumentation fordern die Mitarbeitenden auch

Berichte von behandelnden Ärzt\*innen an. Der Verlauf der Erkrankung wird in der Regel über einen Zeitraum von zwei bis drei Jahren erfasst. Komplexe Fälle müssen deutlich länger betreut werden. So kann eine potenzielle Reaktivierung frühzeitig erkannt werden.

Wird ein ansteckender Patient oder eine ansteckende Patientin ambulant behandelt – was im Einzelfall möglich ist –, muss das Gesundheitsamt eine Infektionsgefährdung für die Umgebung weitestgehend ausschließen können. Dazu müssen Patient\*innen, behandelnde Ärzt\*innen und das Gesundheitsamt sehr eng kooperieren. Das Gleiche gilt, wenn aktuell keine Ansteckungsfähigkeit, jedoch aus medizinischen Gründen ein erhöhtes Rückfallrisiko besteht. Das ist der Fall bei Patient\*innen mit resistenter Tuberkulose oder mit schweren Begleiterkrankungen (auch psychischen oder Suchterkrankungen). Alkoholkranken oder drogenabhängigen Menschen fällt es oft schwer, die Medikamente regelmäßig und über die lange Behandlungsdauer hinweg zuverlässig einzunehmen. Um dem Anspruch eines effektiven Infektionsschutzes jedoch gerecht werden zu können, hat der Gesetzgeber den Gesundheits- und Ordnungsämtern verschiedene Möglichkeiten gegeben, mit denen sie die Bevölkerung effektiv vor Infektionen schützen können.

Wenn nötig, können sie bestimmte Auskünfte und Untersuchungen einfordern und diese notfalls auch mit unmittelbarem Zwang durchzusetzen. Die Gesundheits- und Ordnungsämter können für ihre Untersuchungen verschiedene Maßnahmen ergreifen, wie beispielsweise das Verhängen von Zwangs- oder Bußgeldern oder eine polizeiliche Vorführung. Dabei wägen sie die Interessen der Betroffenen und der Allgemeinheit gegeneinander ab und beachten das Prinzip der Verhältnismäßigkeit. Grundsätzlich versuchen die Mitarbeitenden der Beratungsstelle Tuberkulose in der Region Hannover immer, die Bevölkerung ohne Zwangsmaßnahmen vor Ansteckung und Erkrankung zu schützen. Um dieses Ziel zu erreichen, knüpfen sie Kontakte zu Betreuer\*innen und anderen Bezugspersonen, fordern Befunde auch mehrmals telefonisch an, suchen Patient\*innen in der Klinik und zu Hause auf oder bringen sie unter Umständen persönlich zum Arzt bzw. zur Ärztin. Entzieht sich eine an Tuberkulose erkrankte Person dennoch der notwendigen Behandlung oder hält sie sich nicht an die notwendigen Isolierungsmaßnahmen, ermöglicht das Infektionsschutzgesetz auch eine sogenannte Zwangsunterbringung in einem geschlossenen Krankenhaus. Mit anderen Worten: Die Umgebung wird durch Freiheitsentzug der betroffenen Person geschützt. Hierzu ist eine richterliche Anordnung erforderlich, die

in der Region Hannover der Fachbereich Gesundheitsmanagement beantragt. In der Regel muss für eine solche Zwangsunterbringung eine Ansteckungsfähigkeit der erkrankten Person vorliegen. Eine Behandlung kann auf diesem Weg nicht angeordnet werden. Lehnt ein Patient oder eine Patientin die Behandlung ab, ist er bzw. sie „in geeigneter Weise abzusondern oder zu überwachen“.

## **Durchführung von Umgebungsuntersuchungen bei Kontaktpersonen**

Ein wichtiges Ziel der Arbeit des Gesundheitsamtes ist die aktive Fallfindung. Das bedeutet, eine Tuberkuloseerkrankung möglichst frühzeitig zu erkennen, noch bevor die Patient\*innen wegen Beschwerden den Arzt oder die Ärztin aufsuchen (= passive Fallfindung). Wird die Erkrankung in einem möglichst frühen Stadium festgestellt, ist sie häufig noch nicht ansteckend und die Heilung verläuft in der Regel unkomplizierter als bei ausgedehnten Tuberkulosen. Zur aktiven Fallfindung gehört die Untersuchung von Kontaktpersonen ebenso wie die Überwachung von bereits früher Erkrankten, die aus individuellen medizinischen oder sozialen Gründen ein erhöhtes Rückfallrisiko haben.

Man unterscheidet die Umgebungsuntersuchungen in die sogenannte zentripetale Umgebungsuntersuchung, in der versucht wird, die Quelle der Ansteckung zu finden, und die zentrifugale Umgebungsuntersuchung, in der es gilt, weitere Ansteckungen aufzudecken (siehe auch Abbildung 42). Bei einer Quellensuche werden die betroffenen Personen umgehend geröntgt, um eine mögliche Tuberkulose zu erkennen. Quellenforschung ist in der Regel nicht notwendig, wenn bei den Erkrankten eine Tuberkuloseinfektion bekannt ist oder es sich um eine gesicherte Reaktivierung handelt. Kontaktpersonen aus der zentrifugalen Umgebungsuntersuchung werden frühestens acht Wochen nach dem letzten Kontakt mit den Erkrankten untersucht.

Die Beratungsstelle Tuberkulose der Region Hannover arbeitet streng nach den DZK-Empfehlungen zu Umgebungsuntersuchungen für enge Kon-

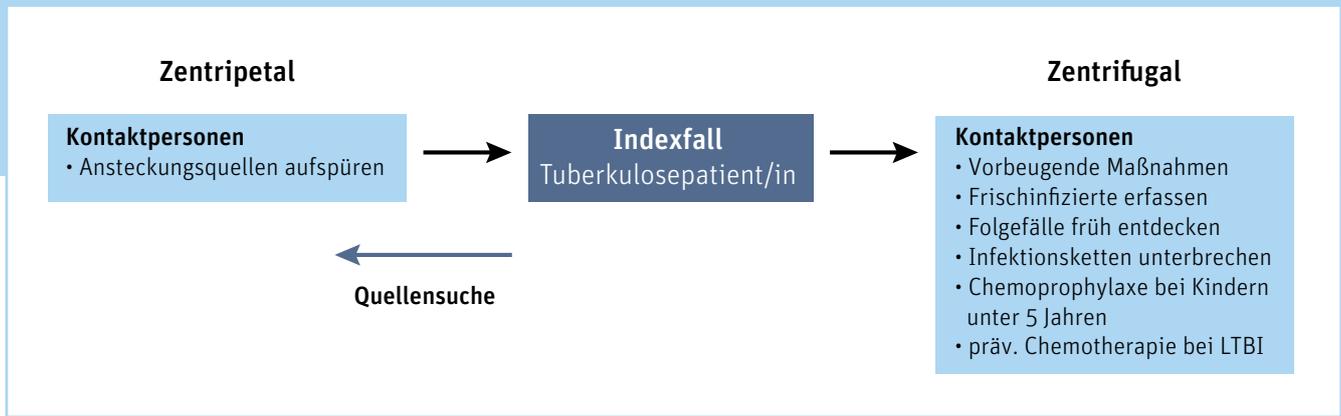


Abbildung 42: Schema der Umgebungserforschung

taktpersonen. Man unterscheidet drei verschiedene Altersgruppen (siehe auch Abbildungen 43, 44, 45). Bei Kindern unter fünf Jahren gilt immer ganz besondere Vorsicht, da sie – wie bereits erwähnt wurde – ein besonders hohes Erkrankungsrisiko haben. Bei dieser Altersgruppe wird daher immer zu einer unverzüglichen Chemoprophylaxe geraten. Ist das Testergebnis acht Wochen nach dem letzten Kontakt mit der erkrankten Person negativ, kann die Chemoprophylaxe beendet werden. Bei einem positiven Ergebnis wird aus der Chemoprophylaxe dann eine Chemoprävention, die über drei Monate mit Isoniazid und Rifampicin, mit Rifampicin mono über vier Monate oder mit Isoniazid mono über neun Monate durchgeführt wird. Hier ist eine enge Zusammenarbeit mit dem Kinderarzt oder der Kinderärztin gefordert.

In der Altersgruppe der unter 5-Jährigen wird der MM-Hauttest angelegt. In der Altersgruppe der 5- bis 15-Jährigen wird die Gamma-interferon-Blutuntersuchung durchgeführt.

Nur bei einem gesicherten positiven Testergebnis (also einem positiven Hauttestergebnis, das durch den IGRA bestätigt ist), wird eine Chemoprävention über neun Monate dringend empfohlen.

Bei Personen über 15 Jahren wird in der Tuberkulose-Beratungsstelle der Region Hannover acht Wochen nach dem letzten Kontakt mit der erkrankten Person der IGRA durchgeführt. Bei Erwachsenen im Alter von über 50 Jahren steigt mit dem Lebensalter das Risiko einer INH-Hepatitis oder anderer uner-

wünschter Nebenwirkungen der Antituberkulotika. Deshalb sollten die Risiken einer Chemoprävention gegenüber dem Nutzen sorgfältig abgewogen werden. Die aktuell gültigen Empfehlungen des Deutschen Zentralkomitees zur Bekämpfung der Tuberkulose (DZK) bieten bei dieser Altersgruppe anstelle des IGRA-Tests optional eine unverzügliche Röntgenaufnahme der Lunge an (Diel et al., 2023).

### Untersuchung von Personen vor Aufnahme in Gemeinschaftsunterkünfte

Die Bezeichnung Obdachlosigkeit beschreibt die Lebenslage von Menschen ohne festen Wohnsitz oder geschützten privaten Wohnraum. Vor allem Menschen ohne festen Wohnsitz können sich nur unzureichend vor ungünstiger Witterung und defizitären hygienischen Verhältnissen schützen. Aber auch Obdachlose in sogenannten Notunter-

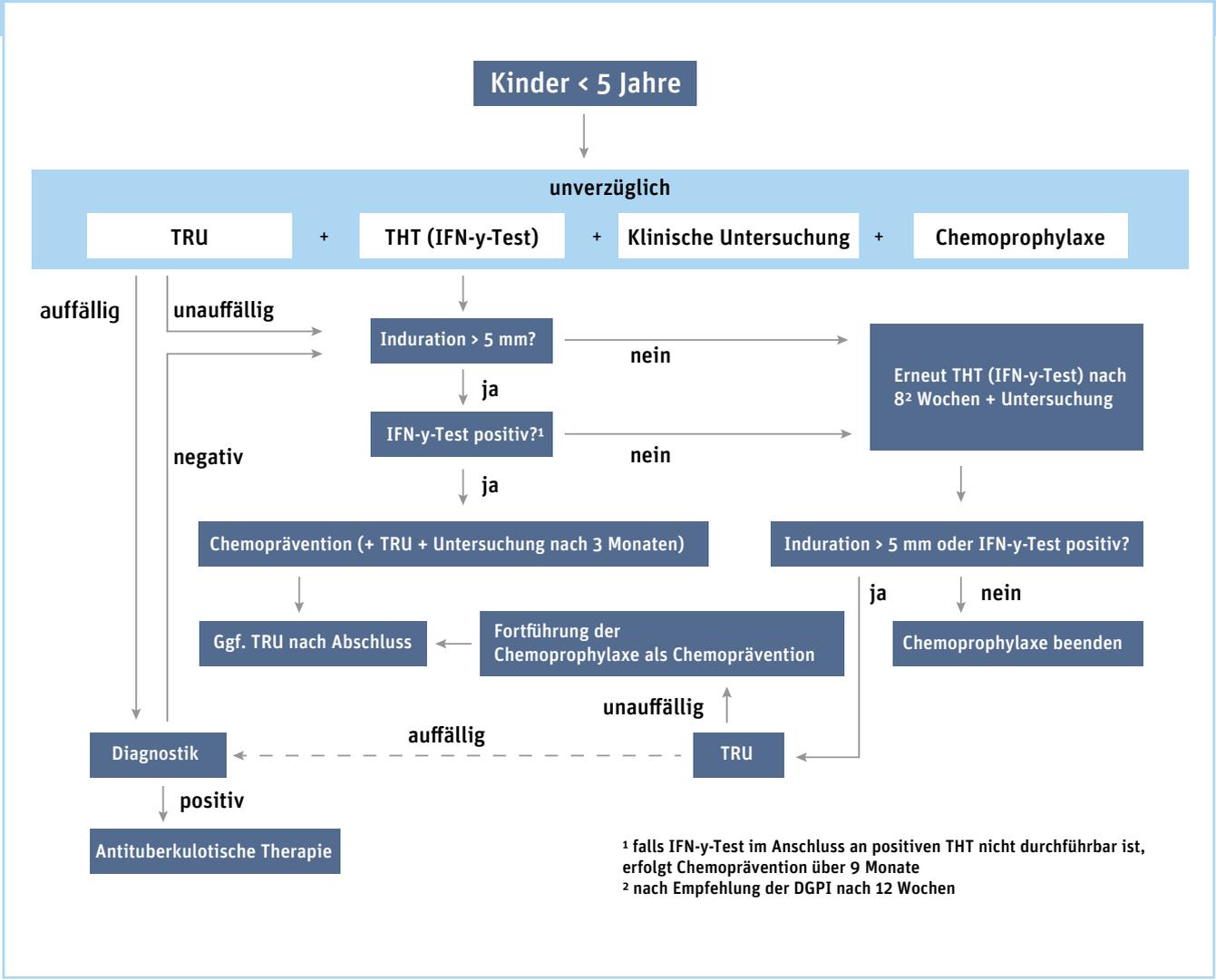


Abbildung 43: Ablaufschema der Umgebungsuntersuchung bei Kindern unter 5 Jahren

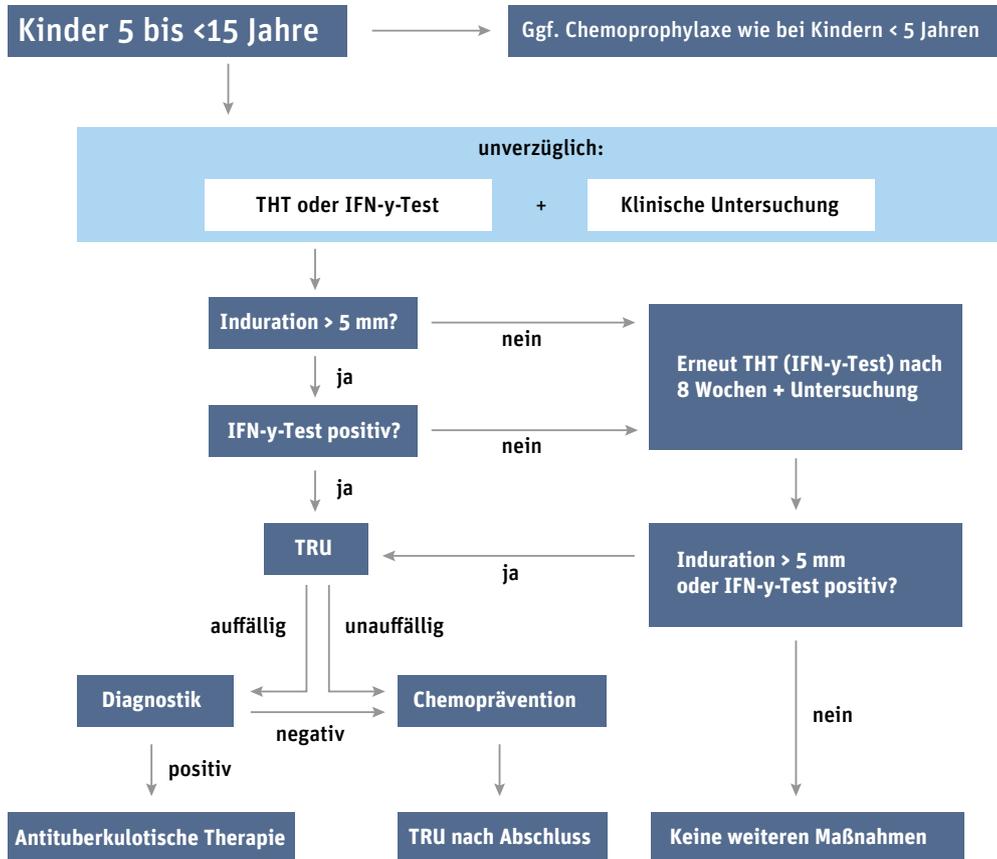


Abbildung 44: Ablaufschema der Umgebungsuntersuchung bei Kindern von 5 bis 15 Jahren

## Kontaktpersonen ab 15 Jahren

IFN- $\gamma$ -Test  
8 Wochen nach letztem Kontakt

+

Bei erhöhtem Risiko zusätzlich oder ggf. bei Erwachsenen > 50 Jahre statt IFN- $\gamma$ -Test (optional) unverzüglich TRU

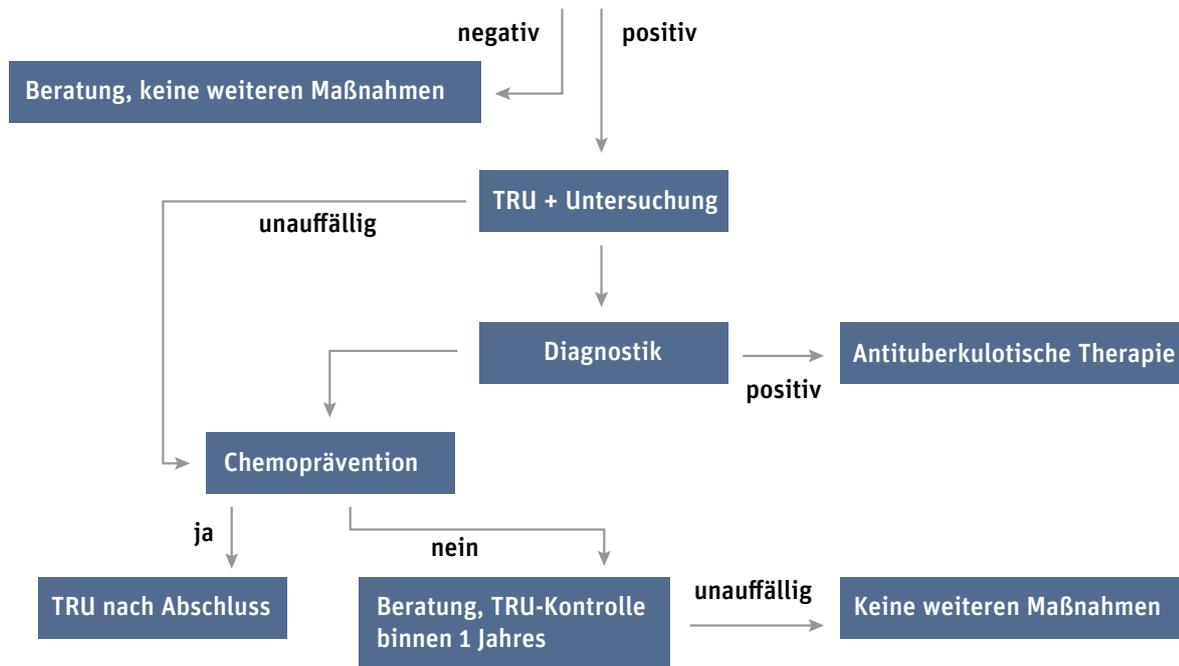


Abbildung 45: Ablaufschema der Umgebungsuntersuchung bei Personen über 15 Jahren

künften sind in der Regel nicht ausreichend geschützt vor unhygienischen Verhältnissen, Gewalthandlungen und Eingriffen in die Intimsphäre. Vor dem Hintergrund der gefährdenden Lebensbedingungen und dem fehlenden Schutz eines sicheren und angemessenen Lebensraums sind obdachlose Menschen kontinuierlich gesundheitlichen Gefahren und Beeinträchtigungen ausgesetzt. Die klimatischen Bedingungen, Fehl- und Mangelernährung und die mangelnde Körperhygiene verursachen oft chronische Mehrfacherkrankungen. Das Verständnis von der eigenen Gesundheit verkürzt sich auf kurzfristig lebenserhaltende Bedürfnisse. Präventives, gesundheitsförderndes Handeln hingegen tritt in den Hintergrund oder wird ausgeblendet.

Für Menschen, die keinen festen Wohnsitz haben und in eine Gemeinschaftseinrichtung aufgenommen werden möchten, sieht das Infektionsschutzgesetz nach § 36 (4) eine Untersuchung auf ansteckende Lungentuberkulose vor. In der Regel wird hierfür eine Röntgenuntersuchung der Lunge durchgeführt. Diese Verordnung ist Bestandteil der aktiven Fallfindung. In den Jahren 2020 bis Ende 2023 wurden in der Beratungsstelle Tuberkulose insgesamt 2.101 Untersuchungen nach § 36 (4) durchgeführt.

Ungünstig ist, dass unbegleitete minderjährige Flüchtlinge nicht unter diesen Paragraphen fallen, da sie in den meisten Fällen nach § 42 SGB VIII in Obhut genommen werden und somit nicht in einer Gemeinschaftsunterkunft im Sinne des § 36 IfSG untergebracht sind. Paragraph 42 SGB VIII besagt unter anderem, dass das Jugendamt berechtigt und verpflichtet ist, ein Kind oder einen Jugendlichen/eine Jugendliche in seine Obhut zu nehmen, wenn ein ausländisches Kind oder ein ausländischer Jugendlicher/eine ausländische Jugendliche unbegleitet nach Deutschland kommt und sich weder Personensorge- noch Erziehungsberechtigte im Inland aufhalten. Die Inobhutnahme umfasst die Befugnis, ein Kind oder einen Jugendlichen/eine Jugendliche bei einer geeigneten Person, in einer geeigneten Einrichtung oder in einer sonstigen Wohnform vorläufig unterzubringen.

Um zu vermeiden, dass unbegleitete minderjährige Flüchtlinge unentdeckt an einer Tuberkulose leiden, die eigentlich gut behandelbar ist, empfiehlt die Beratungsstelle Tuberkulose der Region Hannover daher, neben den üblichen Routineuntersuchungen und der Prüfung des Impfstatus beim Kinderarzt/bei der Kinderärztin bzw. bei Hausarzt oder Hausärztin bei über 15-jährigen Jugendlichen eine Röntgenaufnahme der Lunge, bei unter 15-jährigen einen Tuberkulin-Hauttest oder einen Bluttest durchführen zu lassen. Diese Untersuchungen können unter Umständen über den behandelnden Kinderarzt/ die behandelnde Kinderärztin bzw. den Hausarzt/ die Hausärztin organisiert werden. Sie können aber auch kostenfrei in der Beratungsstelle Tuberkulose des Fachbereichs Gesundheitsmanagement durchgeführt werden. Diese Untersuchung ist dann an § 36 (4) IfSG angelehnt, nicht verpflichtend, aber sehr empfehlenswert.

In den Jahren 2020 bis Ende 2023 wurden in der Beratungsstelle Tuberkulose insgesamt 287 Untersuchungen bei unbegleiteten minderjährigen Flüchtlingen in Anlehnung an § 36 (4) durchgeführt.

## Qualitätsmanagement in der Beratungsstelle Tuberkulose

Das Team der Beratungsstelle Tuberkulose der Region Hannover hat im Jahr 2004 Arbeitsrichtlinien entwickelt, die mit dem 1. Januar 2005 in Kraft getreten sind. Sie sollen sicherstellen, dass die Anforderungen des Infektionsschutzes bezüglich der Tuberkulosebekämpfung mit den erforderlichen Qualitätsstandards erfüllt werden können, auch wenn die personellen Ressourcen knapper werden. Die Arbeitsrichtlinien sollen die Gesetzesinhalte praktisch umsetzen. Eine Arbeitsgruppe aus allen Berufsgruppen des Teams hat sie entwickelt und sorgt dafür, dass sie eingehalten werden. Die Richtlinien sollen ein einheitliches Arbeiten aller Teammitglieder gegenüber den Einwohner\*innen der Region gewährleisten. Aus diesem Grund ist die korrekte Anwendung wie auch eine laufende Aktualisierung der Inhalte innerhalb des Teams verbindlich. Die Arbeitsgruppe nimmt laufend Hinweise, Erfahrungsberichte und Korrekturvorschläge, die sich aus der Praxisanwendung ergeben, entgegen und bringt die Richtlinien zeitnah auf den aktuellen Stand. Nachdem andere Behörden Interesse gezeigt hatten, wurde im Oktober 2005 eine weitere Ausgabe, ohne regionsinterne Verwaltungsregelungen, erstellt. Alle Gesundheitsämter auf Landes- und Bundesebene können sie als Instrument der Qualitätssicherung nutzen.

Die Arbeitsrichtlinien orientieren sich immer an den aktuellen DZK-Empfehlungen. Weil sie ständig um gesetzliche Vorgaben, neue Erkenntnisse aus der Wissenschaft und Erfahrungen aus der Praxis ergänzt werden, gewährleisten die Arbeitsrichtlinien bei korrekter Anwendung eine gute Prozessqualität und ein optimales Behandlungsergebnis für die Patient\*innen.

## DIE ARBEIT DER BERATUNGSSTELLE TUBERKULOSE IN DER PRAXIS

Die Arbeit des Teams der Beratungsstelle Tuberkulose veranschaulichen im Folgenden einige Fallbeispiele und die daraus resultierenden Tätigkeiten der Mitarbeiter\*innen.

### Fallbeschreibung 1

1996 brach in Deutschland zum ersten Mal eine resistente Tuberkulose unter Wohnungslosen aus, die mit molekularbiologischen Methoden abgesichert und dokumentiert ist. Daraufhin begann im Herbst 1996 die bis heute laufende Fingerprintstudie Hannover.

Zuständig war damals das Gesundheitsamt der Landeshauptstadt Hannover (LHH). Insgesamt erkrankten zwölf Patient\*innen an einer infektiösen Lungentuberkulose, deren Tuberkulosestämme eine Zweifachresistenz gegen Erstrangmedikamente (Rifampicin und Streptomycin) aufwiesen. Von den zwölf Patient\*innen waren neun Personen wohnungslos. Sie hatten in Obdachloseneinrichtungen der LHH übernachtet. Der letzte Fall war eine Krankenpflegekraft, die nachweislich drei der obdachlosen Erkrankten in der Klinik betreut hatte.

Mithilfe des IS6110-RELP-Fingerprinting konnte nachgewiesen werden, dass die zwölf Isolate der Mykobakterienstämme identisch waren und somit

eine Infektionskette vorlag (siehe auch Abbildung 26). Dank dieser Untersuchungsmethode war schnell klar, dass bei der Krankenpflegekraft eine berufsbedingte Tuberkuloseerkrankung vorlag, die von der Berufsgenossenschaft somit anerkannt wurde (siehe auch Abbildung 46)

Die Behandlung der meisten der obdachlosen Patient\*innen gestaltete sich bezüglich der Therapietreue als sehr schwierig. Die Hälfte der Patient\*innen zeigte eine schlechte Compliance. Zwei Erkrankte brachen die Therapie jeweils nach zwei Monaten ab und entzogen sich für mehrere Monate der Überwachung durch das Gesundheitsamt. Sie mussten schließlich per Fahndung gesucht werden. Von den Patient\*innen mussten schließlich vier Personen mit richterlichem Beschluss in eine geschlossene Tuberkuloseklinik eingewiesen werden. Nach Entlassung aus der geschlossenen Klinik wurde die kontrollierte Therapie in einer speziellen Krankenwohnung für Obdachlose in Hannover fortgesetzt. Ohne die Unterstützung der Einrichtung wäre die korrekte medikamentöse Tuberkulosebehandlung nicht möglich gewesen, es hätte womöglich weiterhin Ansteckungsgefahr für die Bevölkerung bestanden.

## Fallbeschreibung 2

Im April 2011 erreichte die Beratungsstelle Tuberkulose der Region Hannover die Meldung einer hochinfektiösen Tuberkuloseerkrankung bei einem 45-jährigen Mann. Er hatte einen festen Wohnsitz, lebte aber in prekären sozialen Verhältnissen und litt an einer Suchterkrankung.

Mithilfe des Erkrankten ermittelten die Mitarbeiter\*innen der Beratungsstelle die Kontaktpersonen. Es gab acht Umgebungen (Freund\*innen, Bekannte, soziale Einrichtungen, medizinische Praxen, Krankenhäuser) mit insgesamt 208 Kontaktpersonen. Die Umgebungsuntersuchung begann zunächst im engen Umfeld mit der Quellenforschung. Diese zeitnahe Untersuchung diente dazu, die Quelle für die Erkrankung des Patienten aufzuspüren. Personen, die nicht als Quelle infrage kamen, wurden ab acht Wochen

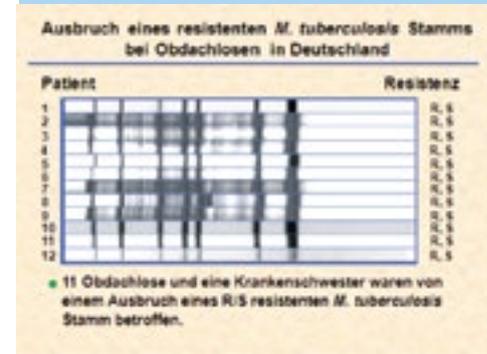


Abbildung 46:  
DNA-Fingerprinting der Fallbeschreibung 1

nach dem letzten Kontakt untersucht, um Folgefälle zu identifizieren.

Im nahen Umfeld entdeckte man rasch drei neue infektiöse Erkrankungsfälle, die umgehend stationär behandelt wurden. Bei Fall 2 und 3 wurde die Diagnose im Mai 2011 gestellt, bei Fall 4 im Juni 2011. Weil das Umfeld nach dem ersten Erkrankungsfall so rasch untersucht worden war, entdeckte man Fall 2 und 3 in einem noch nicht infektiösen Stadium. Von diesen Patienten ging keine Ansteckungsgefahr für die Bevölkerung aus. Bei Fall 4 war es anders: Die Person war bei Diagnosestellung bereits hochinfektiös.

Das DNA-Fingerprinting bestätigte den epidemiologischen Zusammenhang auch molekularbiologisch. Somit war klar, dass die vier Erkrankten mit einem identischen Keim infiziert waren.

Im März 2011, fast parallel zu Fall 1, meldete die Lungenklinik einen weiteren Tuberkulosefall (Fall 5). Es handelte sich um einen 36-jährigen Mann, der primär epidemiologisch in keinem Zusammenhang mit den vier vorherigen Fällen stand. Die DNA-Fingerprintuntersuchung seiner Tuberkulosekulturen zeigte jedoch, dass sein Keim identisch war mit dem der Fälle 1 bis 4. Daraufhin begannen die Ermittlungen erneut, um den Zusammenhang festzustellen. Es stellte sich heraus, dass Patient 1 und Patient 5 zur gleichen Zeit in einer psychiatrischen Klinik waren. Dort waren sie sich vermutlich begegnet, ohne voneinander Kenntnis genommen zu haben.

Im August 2013 meldete ein Mitarbeiter aus einem mikrobiologischen Labor einen hochinfektiösen Tuberkulosefall. Fall 6 war reanimationspflichtig in seiner Wohnung aufgefunden worden. Rettungsdienst, Notarzt und Intensivstation in der Klinik versuchten vergeblich, die Person wiederzubeleben. Auch die Pathologie bestätigte nochmals die hohe Infektiosität. Dieser Patient lebte in direkter Nachbarschaft zu Fall 1, beide hatten über die Jahre häufigen Kontakt. Fall 6 war zum damaligen Anlass nicht als Kontaktperson benannt und somit auch nicht untersucht worden. Möglicherweise war er damals schon infektiös und eventuell sogar die Quelle für Fall 1. Mit der DNA-Fin-

gerprintuntersuchung bestätigte sich der Zusammenhang: Auch Fall 6 gehörte in das Cluster von Fall 1 bis 5.

Dieses Beispiel zeigt, dass Kontaktpersonen häufig nicht umfassend benannt sind. Eine Weiterverbreitung der Tuberkulose ist nur zu vermeiden, wenn dem Gesundheitsamt umgehend die richtigen Kontaktpersonen vollständig benannt werden.

Im September 2013 meldete das Gesundheitsamt in Berlin Patientin 7 mit einer infektiösen Lungentuberkulose. Sie stand 2011 auf den Kontaktlisten zu Fall 1, war zunächst nach Hamburg, dann nach Berlin gezogen. Da das Untersuchungsintervall sich über zwei Jahre erstreckt, wurden die erforderlichen Untersuchungstermine stets an das zuständige Gesundheitsamt weitergeleitet. Dieses diagnostizierte bei der letzten Untersuchung eine offene Lungentuberkulose. Ohne diesen Untersuchungsauftrag wäre die Diagnose wahrscheinlich erst viel später gestellt worden, zumal die Patientin keinerlei Beschwerden hatte. Die Weiterverbreitung konnte damit gestoppt werden. Eine DNA-Fingerprintuntersuchung zeigte auch hier die Zugehörigkeit zu dem Cluster von Fall 1 bis 6.

Dieses Fallbeispiel macht deutlich, dass ein TBC-Folgefall sehr rasch, bereits nach einigen Wochen, aber auch erst später, sogar nach mehreren Jahren, auftreten kann. In den beschriebenen sieben Fällen hätte man längst nicht bei allen einen epidemiologischen Zusammenhang aufdecken können. Das DNA-Fingerprinting hilft dabei, Infektionsketten aufzudecken.

### Fallbeschreibung 3

Im Juli 2012 wurde in einer Grünanlage in Hannover eine weibliche Leiche in einem Karton entdeckt. Es stellte sich heraus, dass die junge Frau an einer disseminierten (weiträumig verteilten) Lungentuberkulose verstorben war. Zur gleichen Zeit stellte eine der hiesigen Kinderkliniken bei einem drei Monate alten Säugling mit Migrationshintergrund die Diagnose einer lebensbedrohlichen Lungentuberkulose. Beide Fälle wurden gemäß dem Infektionsschutzgesetz an die Beratungsstelle Tuberkulose der Region Hannover übermittelt. Auf den ersten Blick schien es keinen Zusammenhang zwischen diesen beiden Tuberkulosefällen zu geben. Weil die Sozialarbeitenden der

Beratungsstelle Tuberkulose umsichtig ermittelten, konnten sie die beiden Fälle dennoch miteinander verknüpfen. Die initiale Meldeadresse des Kindes stimmte mit dem zuletzt bekannten Aufenthaltsort der Verstorbenen überein. Die Untersuchung der TBC-Kulturen beider mittels genetischen Fingerprints ergab, dass ein kurzer Kontakt zur toten Frau die Quelle für die TBC-Erkrankung des Kindes sein musste (siehe auch Abbildung 47).

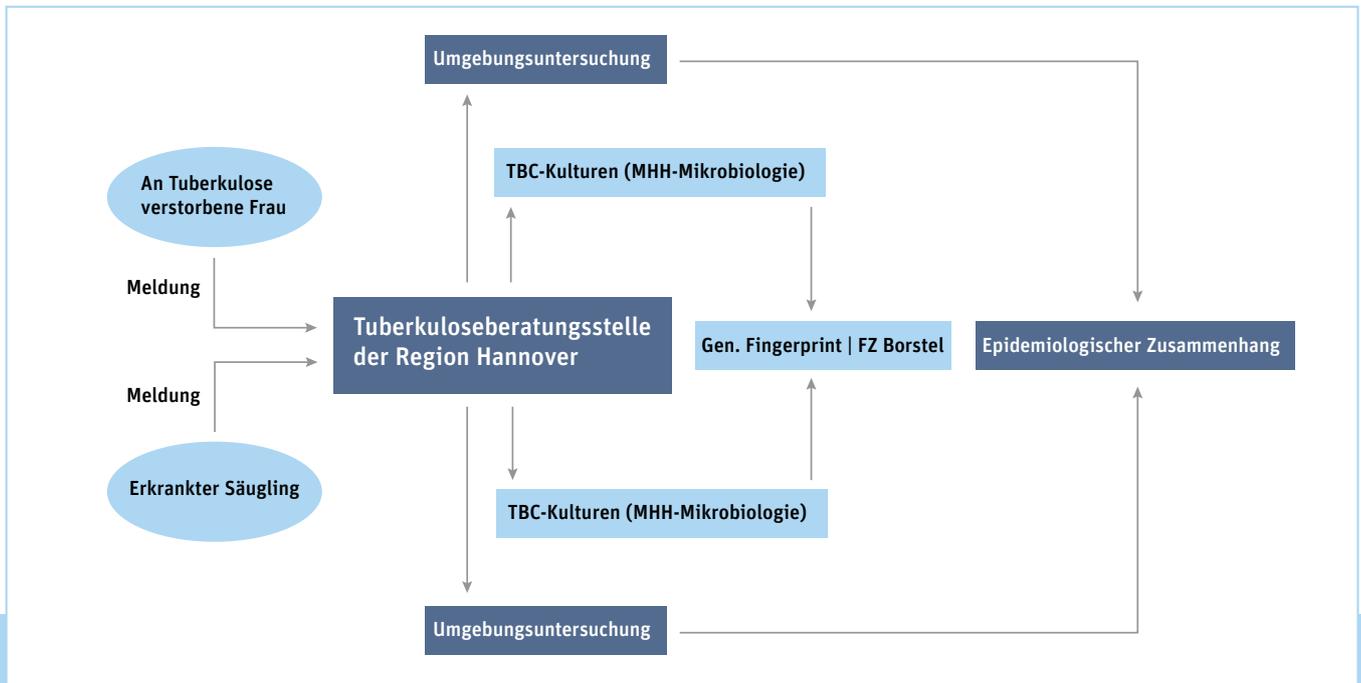


Abbildung 47: Schema des epidemiologischen und mikrobiologischen Zusammenhangs aus Fallbeschreibung 3

Dass die hannoverschen Kinderkliniken sofort mit der Behandlung begannen, war wahrscheinlich lebensrettend für das Kind. Dauerhaft geheilt war das Kind erst, nachdem die Kinderkliniken, der niedergelassene Kinderarzt und ein spezieller Kinderpflegedienst es fünf Monate lang intensiv behandelt hatten.

Im Fall der Verstorbenen war die Umgebungsuntersuchung für die Beratungsstelle Tuberkulose eine große Herausforderung. Die junge Frau war zu Lebzeiten ohne festen Wohnsitz und konnte selber nicht mehr helfen, Kontaktlisten zu erstellen.

Die Polizei half den Mitarbeitenden der Beratungsstelle Tuberkulose, Kontaktpersonen zu ermitteln. Auf den Listen der Polizei fanden sich über 70 Personen aus Familien-, Freundes- oder Bekanntenkreis, die den Sozialarbeitenden weitere Kontaktpersonen nennen konnten.

Dank der Clusteruntersuchungen des Forschungszentrums Borstel zeigte sich, dass bereits ein Fall aus dem Jahr 2000 den gleichen genetischen Fingerabdruck aufwies. Die junge Frau war damit also für die Region Hannover der zweite bekannte Fall einer Infektionskette. Sieben der direkt ermittelten Kontaktpersonen aus dem Umfeld der Verstorbenen erkrankten im Lauf

der Zeit an Tuberkulose. Dabei hatten viele von ihnen wiederholt Kontakt untereinander gehabt. Von den sieben Fällen konnte das Forschungszentrum Borstel dem Cluster allerdings nur sechs Fälle genetisch zuordnen. Die siebte erkrankte Person hatte demnach Kontakt zu der Frau wie auch zu einer erkrankten Kontaktperson gehabt. Insgesamt waren die meisten Folgefälle komplex und bedurften eines hohen sozialarbeiterischen Aufwands.

Bis zum Jahr 2021 stieg die Anzahl der Fälle in diesem Cluster auf 21. Durch eigene Recherchen weisen insgesamt 26 Fälle einen Bezug zu dem Cluster auf. Demnach konnte bei fünf dieser Fälle jedoch nicht der gleiche genetische Fingerabdruck nachgewiesen werden. Andersherum konnten die Sozialarbeitenden bei drei der 21 Fälle mit genetisch nachgewiesener Clusterzugehörigkeit keinen offensichtlichen Kontakt zu einer der erkrankten Personen ermitteln. Hier könnte es sich um zufällige, unbemerkte intensive Kurzkontakte gehandelt haben.

Bei den 21 geclusterten Fällen wurden fast 1.300 Kontaktpersonen ermittelt und untersucht. Berücksichtigt man alle 26 Fälle, wurden über 1.800 Kontaktpersonen ermittelt und untersucht. Auffällig war, dass bei mehreren Fällen viele der Kontaktpersonen miteinander Kontakt hatten und aus einem prekären Umfeld stammten. Zu dem erhöhten Risiko durch Drogenkonsum und Obdachlosigkeit kamen hier noch wiederholte Kontakte zu verschiedenen Erkrankten.

Seit 2021 gab es bis heute keinen weiteren Erkrankungsfall zu dem bislang größten Cluster in der Region Hannover.

## Fallbeschreibung 4

Im Jahr 2018 wurde bei einem 27-jährigen Mann im Krankenhaus Siloah eine hochinfektiöse Lungentuberkulose diagnostiziert. Der Patient hatte bereits seit acht Wochen Husten. Da er erst seit Kurzem einen neuen Job hatte, war er trotz anhaltenden Hustens weiter zur Arbeit gegangen. Er wohnte mit

seinem Bruder und dessen Familie in einer gemeinsamen Wohnung. In dem Mietshaus wohnten darüber hinaus noch 14 weitere Familienmitglieder, darunter vier Kinder im Alter von null bis acht Jahren.

Die Mitarbeitenden der Tuberkulose-Beratungsstelle sahen in diesem Fall zwei besondere Herausforderungen. Zum einen war eine schnelle Untersuchung der engsten Umgebung nötig, insbesondere, weil vier minderjährige Kinder in dem direkten Wohnumfeld betroffen waren.

Auf der anderen Seite gab es viele Ängste und Sorgen sowohl bei dem betroffenen Patienten als auch bei dem neuen Arbeitgeber. Insbesondere dieser hatte einen hohen Aufklärungs- und Beratungsbedarf. Die Sozialarbeitenden führten daraufhin eine Informationsveranstaltung bei dem Arbeitgeber durch, um alle Beteiligten zu informieren und zu beruhigen.

Zeitnah wurden die engen Kontaktpersonen der engsten Familie in der Tuberkulose-Beratungsstelle untersucht. Insgesamt wurden aus dem Familien- und Arbeitskolleg\*innenkreis 39 Kontaktpersonen untersucht.

Einige Tage später war bei dem zehn Monate alten Säugling, der in demselben Haushalt lebte, ein Hauttest positiv. Das Ergebnis wurde umgehend zur weiteren Abklärung an die Pädiatrie der MHH weitergeleitet. Hier wurde bei dem Säugling ein positiver Röntgenbefund der Lunge festgestellt. Auch die aus dem Magensaft gewonnene Kultur war positiv. Damit war ein erster Folgefall bestätigt. Hieraus resultierte keine erneute Umgebungsuntersuchung, da Kinder in diesem Alter nicht infektiös sind. Allerdings ergab sich hieraus erneut ein hoher Beratungs- und Organisationsaufwand für die TBC-Beratungsstelle. Die Einnahme der Medikamente gestaltete sich altersgemäß schwierig. Ende Juni 2019 konnte die Behandlung dennoch erfolgreich abgeschlossen werden.

Bei einem weiteren Kind (5 Jahre) wurde im Rahmen der Umgebungsuntersuchung des ersten Falles eine Röntgenaufnahme und ein IGRA durchgeführt. Der erste IGRA war negativ und das Röntgenbild ergab keinen Anhalt auf aktive Lungen-TBC. Der zweite IGRA, der verspätet durchgeführt wurde,

da das Kind nicht auf die ersten Einladungen hin vorgestellt worden war, war positiv. Wieder erschien das Kind erst nach mehrfacher Aufforderung an die Erziehungsberechtigten und insgesamt zwölf Wochen später. Bei diesem Termin wurde den Eltern dringend eine Chemoprävention empfohlen. Die Organisation und die Zusammenarbeit der Kontaktpersonen gestaltete sich für unsere Sachbearbeiter\*innen als sehr herausfordernd.

Die Chemoprävention begann daher erst acht Monate nach dem letzten Kontakt mit dem Indexpatienten und vier Monate nach dem ersten Hinweis auf eine Infektion. Bei der Abschlussuntersuchung beim niedergelassenen Lungenfacharzt fiel das Röntgenbild auf und die Familie wurde zur weiteren Abklärung an die MHH weitergeleitet.

Im Januar 2020 erhielten die Mitarbeitenden der Beratungsstelle Tuberkulose eine Meldung von der MHH, dass eine aktive Tuberkulose bei dem Kind festgestellt wurde. Damit gab es den zweiten, nicht infektiösen Folgefall. Die Mitarbeitenden der Tuberkulose-Beratungsstelle führten eine Quellensuche durch, um sicherzugehen, dass im engsten Familienkreis keine weitere infektiöse Lungentuberkulose vorlag. Das hatte zur Folge, dass die gesamte Familie, insgesamt 14 Personen, zum zweiten Mal in der Beratungsstelle untersucht werden

musste. Das Mädchen war im Sommer 2020 erfolgreich zu Ende behandelt worden.

Im September 2022 erreichte die Tuberkulose-Beratungsstelle eine positive Meldung aus dem Labor. Einer der Brüder hatte eine hochinfektiöse Lungentuberkulose. Der inzwischen 25-jährige Mann hatte bei dem zweiten IGRA im Rahmen der Umgebungsuntersuchung des Indexfalls bereits einen schwach positiven IGRA. Ein zweites Testverfahren (TB-Spot) bestätigte den Infektionsverdacht. Es wurde eine Chemoprävention empfohlen, die nicht durchgeführt wurde. Daraufhin kam der Mann ins Röntgenschema. Die Röntgenuntersuchungen verliefen jedoch unauffällig.

Nach dem hochinfektiösen Befund wurde wieder eine Umgebungsuntersuchung unter den engen familiären und beruflichen Kontakten durchgeführt. Hier waren eine Berufsschule und ein Steuerberatungsbüro betroffen. Insgesamt wurden 52 Kontaktpersonen untersucht. Wieder wurde eine Informationsveranstaltung durchgeführt, da es einen hohen Beratungsbedarf gab.

Im März 2022 war die Behandlung des jungen Mannes erfolgreich abgeschlossen.

Besonders herausfordernd an diesem Fallkomplex war, dass die Familienmitglieder wiederholt überzeugt werden mussten, dass eine erneute Untersuchung und daraus folgend teilweise eine Prävention mit dazu-

gehöriger verlässlicher Medikamenteneinnahme nötig war. Die Akzeptanz und das Verständnis für die verschiedenen Untersuchungsabläufe innerhalb der betroffenen Familie war erheblich gesunken.

Im Rahmen der Umgebungsuntersuchung ergab sich ein weiterer Verdacht, aufgrund eines auffälligen Röntgenbildes. Hier war jedoch eine andere Erkrankung die Ursache, wie sich in der Folgediagnostik herausstellte.

Insgesamt waren es zwar vier „Standardfälle“, aber durch die immer wiederkehrenden Maßnahmen und Untersuchungen war der Aufwand in den Bereichen Sozialarbeit, ärztliche Beratung und Sachbearbeitung sehr hoch. Viele Termine wurden seitens der Familie nicht wahrgenommen. Eine der größten Herausforderungen war es für die Sozialarbeitenden und Ärzt\*innen, die Notwendigkeit der Prävention herauszustellen.

Glücklicherweise verfügt die TBC-Beratungsstelle über eine hauseigene volldigitale Röntgenanlage. Hierdurch können die Untersuchungen der Kontaktpersonen zeitnah im Gesundheitsamt durchgeführt werden. Insbesondere bei Kleinkindern ist die rasche Untersuchung und unmittelbar folgende Behandlung wichtig. Die enge Zusammenarbeit mit der Medizinischen Hochschule Hannover ist seit vielen Jahren etabliert. Ansonsten wäre der organisatorische Aufwand nochmals erheblich größer.

## **STUDIEN IN DER BERATUNGSSTELLE TUBERKULOSE**

Die Beratungsstelle Tuberkulose berät, untersucht und behandelt an Tuberkulose erkrankte, krankheitsverdächtige und mit Tuberkulosebakterien infizierte Menschen – darüber hinaus leistet sie wichtige Forschungsarbeit. Das Team der Beratungsstelle Tuberkulose kooperiert unter anderem mit dem Deutschen Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose (DZK), dem Forschungszentrum in Borstel (FZ Borstel) und dem Niedersächsischen Landesgesundheitsamt (NLGA).

Bereits vor Regionsbildung hat die Beratungsstelle Tuberkulose (damals noch der Landeshauptstadt Hannover) mit der wissenschaftlichen Arbeit an der ersten großen bundesweiten DZK-Studie teilgenommen. Die Erkenntnisse der Untersuchung flossen 2001 in das neue Infektionsgesetz ein. Von 2004 bis 2006 nahm die Beratungsstelle an der zweiten DZK-Studie, der Fingerprintstudie, teil. Seitdem werden nachgewiesene Tuberkulosebakterien von Patient\*innen aus der Region Hannover genetisch untersucht und untereinander (teilweise auch bundesweit) verglichen. Mit diesen Untersuchungsmethoden lassen sich Infektionsketten aufdecken. Bereits 1998 wurde diese Untersuchungsmethode genutzt, um die erste bundesweite Infektionskette bei insgesamt zwölf Personen mit identischem Profil in Hannover aufzudecken.

2005 führte die Region Hannover zusammen mit dem Niedersächsischen Landesgesundheitsamt ein neues immunologisches Testverfahren ein, den Interferon-Gamma-Release Assay. Inzwischen wird der Test flächendeckend in ganz Niedersachsen eingesetzt. Das Niedersächsische Landesgesundheitsamt hat den Test etabliert und erhebt die Daten für seine Auswertungen.

Mittlerweile verfügt die Beratungsstelle Tuberkulose über einen großen Datensatz zu den Interferon-Gamma-Testungen, den sie in einer Studie mit TBnet zur Verfügung stellt. TBnet ist ein Netzwerk von meist europäischen Forscher\*innen aus Klinik, Mikrobiologie und Epidemiologie, die Interesse an Tuberkulose und mykobakteriellen Erkrankungen haben. Das Netzwerk wurde 2006 in Kopenhagen gegründet. TBnet soll durch Austausch der Mitglieder des Netzwerks die klinisch orientierte Forschung auf dem Gebiet der Tuberkulose in Europa fördern.

Vom 1. April 2011 an beteiligte sich die Beratungsstelle Tuberkulose der Region Hannover an der seit 2008 laufenden wissenschaftlichen Studie „TB or not TB“. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) förderte das Verbundprojekt „Suszeptibilität bei Infektionen: Tuberkulose“ mit insgesamt etwa fünf Millionen Euro. Ein bundesweites Netzwerk von über 20 Lungen-Fachkliniken, Gesundheitsämtern in Hamburg, Hannover und

Frankfurt sowie Grundlagenforscher\*innen in Berlin, Ulm und Borstel führte hier genetische, epidemiologische und immunologische Untersuchungen an Personen durch, die eine Tuberkulose hatten, sowie an Kontaktpersonen von Tuberkuloseerkrankten. Federführend war das Forschungszentrum Borstel.

Ziel der Untersuchungen war es, zu erkennen, welche Faktoren widerstandsfähig gegenüber Tuberkelbakterien machen. So wollte man neue Methoden zur Behandlung und Krankheitsverhütung (Impfstoffentwicklung) vorantreiben. Bei genetischen Analysen werden solche Gene untersucht, die die Krankheitsausprägung der Tuberkulose beeinflussen könnten. Bei immunologischen Untersuchungen werden Blutzellen analysiert, um deren Aktivierungszustand und den Differenzierungsgrad von Abwehrzellen zu bestimmen.

# DISKUSSION

Ein zentrales Ergebnis dieses Berichts ist die Erkenntnis, dass Tuberkulose nach wie vor eine erhebliche gesundheitliche, soziale und wirtschaftliche Belastung für Länder auf der ganzen Welt darstellt. Trotz der Fortschritte in der Diagnose und Behandlung sind die Folgen der Erkrankung eine der häufigsten Todesursachen durch Infektionskrankheiten. Dies unterstreicht die dringende Notwendigkeit, erforderliche Mittel und Ressourcen zur Verfügung zu stellen, um den weltweiten Kampf gegen die Tuberkulose zu führen, auch wenn die Anzahl der Neuerkrankungen in Deutschland eher niedrig ist.

Das hiesige Krankheitsgeschehen ist heute zum einen durch die Demografie bestimmt. Betroffen ist vor allem die Altersgruppe der über 80-Jährigen in Form reaktivierter Infektionen aus der Zeit, als die Tuberkulose auch in Deutschland noch recht häufig war. Zum anderen nehmen internationale Migrationsbewegungen aus Hochinzidenzländern Einfluss auf das Krankheitsgeschehen. Die unterschiedliche Krankheitslast zwischen hochentwickelten Ländern und einkommensschwachen Regio-

nen auf der Welt zeigt sich am Beispiel der Krankheit Tuberkulose mehr als deutlich.

Ein wichtiges Thema ist die Bedrohung durch resistente Tuberkulosestämmen. Die Ausbreitung von multiresistenter Tuberkulose (MDR-TB) und extensiv resistenter Tuberkulose (XDR-TB) ist eine ernsthafte Herausforderung für alle Gesundheitssysteme.

Nach dem letzten Bericht der WHO (2022) wurden mehr als die Hälfte der Tuberkuloseerkrankungen in Russland durch multiresistente Tuberkulosebakterien verursacht. In Belarus lag der Anteil bei etwa 48 Prozent und in der Ukraine bei etwa 35 Prozent. Besorgniserregend ist nach Lange (2023) auch die Zunahme von Tuberkulosestämmen, die inzwischen auch gegen die Zweitlinienmedikamente resistent sind. Die Notwendigkeit, innovative Therapien und Diagnosetools zu entwickeln, um diesen resistenten Stämmen effektiv entgegenzuwirken, wird damit deutlich. Der Autor weist in einem anderen Artikel darauf hin, dass ohne eine wirksamere Impfung als die inzwischen mehr als 100 Jahre alte BCG-Impfung nicht an eine Ausrottung der Tuberkulose zu denken ist (Lange, 2022).

Die WHO schätzt in ihrem aktuellen Jahresreport zur Tuberkulose, dass im Jahr 2022 etwa drei Millionen der insgesamt 10,6 Millionen geschätzten Neuerkrankungen nicht diagnostiziert wurden. Darüber hinaus erhält weltweit nur jede/r fünfte Tuberkulosepatient\*in eine molekulare Resistenzprüfung (WHO, 2023). Günther et al. (2023) folgern in ihrem Update zur Diagnostik und Therapie der Tuberkulose, dass die mangelnde weltweite Diagnostik der Tuberkulose, und damit der fehlende anschließende Zugang zu einer adäquaten Therapie, eine der größten Lücken im weltweiten Kampf gegen die Erkrankung darstellt. Die unmittelbare Folge ist die mögliche Entwicklung und Verbreitung resistenter Stämme. Die große Herausforderung besteht nach

den Autor\*Innen darin, die durchaus vorhandenen Innovationen in die Hochinzidenzländer zu bringen, um die Diagnoserate und die die anschließenden Therapieergebnisse zu verbessern.

Internationale Programme zur Bekämpfung der Tuberkulose haben dort Erfolg, wo sie wissenschaftlich begründet und nach den Methoden moderner Medizin durchgeführt werden können (WHO, 2013). Als Ursachen für die hohe Fallzahl der Tuberkulose werden vor allem die prekäre Lage in den Entwicklungsländern und die daraus folgende vernachlässigte Gesundheitspolitik sowie Armut, Migration, das Bevölkerungswachstum, die HIV-Epidemie und inadäquat konzipierte Kontrollprogramme gesehen. Darüber hinaus ist in den am stärksten betroffenen Ländern die Umsetzung international empfohlener Programme oft mangelhaft. Aus diesem Grund ereignen sich etwa 95 Prozent aller TB-Fälle und 98 Prozent aller Todesfälle in den Ländern mit den wenigsten Ressourcen. Die Krankheitslast der Tuberkulose ist sozial wie wirtschaftlich betrachtet eine Bürde für den Entwicklungsprozess stark betroffener Länder. Sie trifft hier häufig junge Erwachsene, die einen wesentlichen Beitrag zur Wirtschaftskraft einer Gesellschaft leisten (WHO, 2013).

Die Zahlen der Region Hannover wie auch bundesweite Daten belegen, dass die Tuberkulosesituation in Deutschland im globalen Vergleich günstig ist. Tuberkulose früh zu erkennen und zu behandeln ist die Basis, um Infektionsketten schnellstmöglich zu unterbrechen. Damit keine resistenten Erreger entstehen, muss eine sachgerechte und vollständige Behandlung gewährleistet werden. Die Gesundheitsämter übernehmen durch die im Infektionsschutzgesetz verankerten Rechte und Pflichten eine wichtige Rolle im Kampf gegen die Erkrankung (RKI, 2006).

In Großstädten treten Tuberkuloseerkrankungen etwa achtmal pro 100.000 Einwohner\*innen auf. Dies ist etwa doppelt so häufig wie in ländlichen Bereichen. In städtischen Gebieten leben mehr Menschen mit Risikofaktoren auf engem Raum zusammen, wie beispielsweise Migrant\*innen aus Ländern mit insgesamt hohem Tuberkuloseaufkommen („high burden count-

ries for TB“) oder Menschen mit psychosozialen Risikofaktoren wie Suchterkrankungen oder Obdachlosigkeit. Insbesondere die Sozialarbeitenden und Ärzt\*innen haben des Öfteren Verständigungsprobleme aufgrund von Sprachbarrieren. Unbegleitete minderjährige Geflüchtete erfordern selbstverständlich eine besonders sensible Sozialarbeit. Insofern ist es nachvollziehbar, dass die Inzidenz in kleinen Städten und auf dem Land weiterhin langsam zu sinken scheint, während sie in Großstädten stagniert oder sogar zunimmt. Die Region Hannover vereint als Modellregion großstädtische und ländliche Bereiche.

Die Isolationspflicht in einem Krankenhaus beträgt in der Regel zwei bis drei Wochen, kann sich aber auch über Monate hinziehen. Dies ist oft schwer für die betroffenen Personen auszuhalten. Einige Patient\*innen von komplexen Fällen können sich den Telefon-/Internetanschluss im Krankenhaus finanziell nicht leisten. Somit kann mittels Telefon und Internet kein Kontakt mit ihnen aufgenommen werden. Auch die Nutzung von Sprach-Apps oder anderen Arten des Dolmetschens sind nicht möglich. Das erschwert die Zusammenarbeit mit dem medizinischen Personal, wie auch generell die Genesung. Und es schwächt – gerade bei Menschen mit einer Suchtproblematik – die Compliance zusätzlich.

Im Jahr 2022 mussten vier an Tuberkulose erkrankte Personen aufgrund mangelnder Compliance zur adäquaten Behandlung ihrer Tuberkulosen gemäß den Vorgaben des Infektionsschutzgesetzes zwangsuntergebracht werden. Dabei entstanden Kosten von etwa 390.000 Euro.

Die Zahl der komplexen Fälle steigt. Immer häufiger müssen die Tuberkulosebehandlungen nach dem Krankenhausaufenthalt über die Beratungsstelle Tuberkulose versorgt werden, da die Patient\*innen aufgrund ihrer prekären Lebenssituation nicht anders ambulant angebunden werden können. Auch hier kommt es in Einzelfällen dazu, dass Motivationsmittel notwendig werden, damit Patient\*innen Termine einhalten oder wahrnehmen. In Sonderfällen können somit neben der sozialarbeiterischen Betreuung auch unterstützende Aufwendungen das Vertrauensverhältnis der Patient\*innen zur Beratungsstelle Tuberkulose stärken. Da sie in der Regel über mehrere Jahre in der Betreuung bzw. Überwachung sind, wirkt sich dies auch langfristig aus. Mit dem Budget für Ausnahmefälle können hohe Kosten der Zwangsunterbringung vermieden werden.

Die in der Beratungsstelle Tuberkulose beschäftigten Sozialarbeitenden betreuen und beraten grundsätzlich alle gemeldeten Tuberkulosefälle, das Hauptaugenmerk liegt

allerdings auf der Arbeit mit Patient\*innen, denen es aufgrund ihrer persönlichen Lebenslage schwerfällt, die auferlegten Therapiemaßnahmen einzuhalten (die Non-Compliance-Patient\*innen). Im Kontext von Obdachlosigkeit, Suchterkrankung, eingeschränkter Mobilität, psychischer Erkrankung oder Sprachbarrieren ist dies häufiger der Fall. In diesen komplexen Fällen ist der Betreuungsaufwand der Sozialarbeiter\*innen für die betroffenen Personen ungleich höher, da oftmals auch der Versicherungsstatus der Patient\*innen bzw. die Kostenübernahme der Therapie oder der Unterbringungsmöglichkeiten zu einer adäquaten, krankheitsangemessenen Versorgung geklärt werden muss. In Extremfällen ist durch die aufsuchende Sozialarbeit auch die überwachte Medikamenteneinnahme notwendig. Während die relative Zahl der gemeldeten TBC-Fälle in der Region Hannover in den vergangenen zehn Jahren ungefähr gleichgeblieben ist, hat die Anzahl der komplexen Fälle zugenommen.

In den Jahren 2021 und 2022 registrierte und meldete die Beratungsstelle Tuberkulose des Fachbereichs Gesundheit der Region Hannover jeweils zwei Todesfälle infolge einer Tuberkuloseerkrankung. Darüber hinaus gab es 61 bzw. 67 Neuerkrankungen. Aktuell sind 2023 vier Todesfälle und 57 Neuerkrankungen registriert (Stand April 2024, eigene Zahlen). Gemessen an der Einwohner\*innenzahl der Region Hannover entsprechen die gemeldeten Zahlen zu Tuberkuloseerkrankungen in etwa dem Bundesdurchschnitt.

Weil Ärzt\*innen mit Tuberkulose weniger erfahren sind als früher, werden Erkrankungen später entdeckt. Einige Patient\*innen werden oft erst dann auf Tuberkulose untersucht, wenn die Krankheit bereits hochinfektiös und damit besonders ansteckend ist. Ein Patient bzw. eine Patientin mit offener Lungentuberkulose steckt innerhalb eines Jahres – geschätzt – etwa 10 bis 15 andere Menschen an, solange die Krankheit nicht erkannt und behandelt wird.

Problematisch ist auch in Deutschland das vermehrte Auftreten von resistenten Bakterienstämmen, gegen die die gängigen Medikamente nicht mehr wirksam sind.

Die Beratungsstelle Tuberkulose in der Region Hannover hat zum Ziel, eine Tuberkuloseerkrankung frühzeitig zu diagnostizieren, sodass die mögliche Infektionskette schnell unterbrochen werden kann. Eine optimale Therapie schützt davor, dass weitere Resistenzen auftreten. Das hilft sowohl den/der einzelnen Erkrankten als auch der Öffentlichkeit. Um die Erkrankten zu erreichen, muss im Einzelfall zu unpopulären Maßnahmen gegriffen werden, wie die Zwangseinweisung in eine Fachklinik. In einigen Fällen ist ein Ansteckungsrisiko für die Bevölkerung aufgrund ungünstiger Begleitumstände, wie beispielsweise Resistenzen der Erreger oder schlechte Compliance der Patient\*innen, bereits während eines stationären Aufenthalts absehbar. Dann versuchen Klinik, niedergelassener Arzt oder Ärztin und das Gesundheitsamt, die weitere Behandlung sicherzustellen und dadurch eine Gefährdung zu vermeiden. Die Mitarbeitenden des Gesundheitsamtes koordinieren und begleiten die Patient\*innen. Jährlich führen die Mitarbeiter\*innen etwa 9.000 Einzeluntersuchungen und Beratungen durch: Röntgenuntersuchungen, Tuberkulose-Haut- und Bluttestungen.

Die zuständigen Mitarbeiter\*innen der Beratungsstelle Tuberkulose in der Region Hannover begleiten jeden gemeldeten Tuberkulosefall also von der Diagnosestellung und dem Beginn der Therapie bis zum Abschluss der Behandlung und darüber hinaus. Ein großer Vorteil gegenüber vielen anderen, insbesondere kleinen Gesundheitsämtern ist die hauseigene Röntgenanlage.

Bislang ist unklar, in welchem Ausmaß und durch welchen Stoff oder Mechanismus die Tuberkuloseerreger durch angeborene Immunität primär – also sofort – abgetötet werden. Wissenschaft und Praxis müssen also weiterforschen, um diese Krankheit weiter zu entschlüsseln und bestenfalls eine zuverlässige Impfung entwickeln zu können.

Insgesamt verdeutlicht der Bericht, dass die Bekämpfung der Tuberkulose eine umfassende Herangehensweise erfordert, die medizinische, soziale, wirtschaftliche und politische Aspekte berücksichtigt. Es liegt an den globalen Gemeinschaften, diese Krankheit mit Entschlossenheit und Zusam-

menarbeit zu bekämpfen und eine Zukunft ohne Tuberkulose zu erreichen. Dies kann durch das Zusammenwirken verbesserter Diagnosemethoden, wirksameren Medikamenten und Impfstoffen gelingen. Darüber hinaus müssen Menschen aller Länder leichter Zugang zu Diagnose- und Behandlungsmöglichkeiten haben.

# LITERATUR

*Andersen P, Doherty TM.* The success and failure of BCG – implications for a novel tuberculosis vaccine. *Nature Reviews Microbiology*; 3: 656-662, 2005.

*BCG: Bad news from India.* *The Lancet*; 315; Issue 8159; 73-74, 1980. doi:10.1016/S0140-6736(80)90497-3

*Böhmer R. Tuberkulose.* In: Schlipkötter U, Wildner M (Hrsg.). *Lehrbuch Infektionsepidemiologie.* Verlag Hans Huber; Bern; 2006.

*Braun J, Renz-Polster H. Tuberkulose.* In Renz-Polster H, Krautzig S, Braun J eds. *Basislehrbuch Innere Medizin.* München Jena: Urban&Fischer, 2004:468-73.

*Brehm TT, Terhalle E. Extrapulmonale Tuberkulose.* *Dtsch med Wochenschr* 2023; 148: 1242-1249.

*Condrau F.* Lungenheilstalt und Patientenschicksal. Sozialgeschichte der Tuberkulose in Deutschland und England im späten 19. und frühen 20. Jh, *Kritische Studien zur Geschichtswissenschaft*, Band 137, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen S. 49f; 2000

*Deutsches Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose (DZK).* Patientenservice. Was man über die Tuberkulose wissen sollte. Eine Informationsschrift für Patienten und ihre Angehörigen. 6. ergänzte Auflage. 2007.

*Deutsches Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose (DZK).* Todesfälle durch Tuberkulose erstmals wieder ansteigend. 2021. Online zuletzt abgerufen am 01.12.2022 unter: <https://www.dzk-tuberkulose.de/todesfaelle-durch-tuberkulose-erstmals-wieder-ansteigend/>

*Diel R, Loytved G, Nienhaus A, Castell S, Detjen A, Geerdes-Fenge H, Haas W, Hauer B, Königstein B, Maffei D, Magdorf K, Priwitzer M, Zellweger J-P, Loddenkemper R.* Neue Empfehlungen für die Umgebungsuntersuchungen bei Tuberkulose. *Deutsches Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose. Pneumologie* 2011; 65: 359-378.

*Diel R, Nienhaus A. Präventive Chemotherapie der latenten Tuberkuloseinfektion. In: Nienhaus A, Brandenburg S, Teschler H. (Hrsg.) 2012.* Tuberkulose als Berufskrankheit. Ein Leitfaden zur Begutachtung und Vorsorge. 3. aktualisierte Auflage; ecomed MEDIZIN, 2012.

*Diel R, Vandeputte J, de Vries G, Stillo J, Wanlin M, Nienhaus A.* Costs of tuberculosis disease in the EU – a systematic analysis and cost calculation. *ERJ Express.* Published on August 15, 2013 as doi: 10.1183/09031936.00079413

*Diel R, Sotgiu G, Andres S, Hillemann D, Maurer FP.* Cost of multidrug resistant tuberculosis in Germany—An update; *International Journal of Infectious Diseases*; Volume 103, February 2021, Pages 102-109

*Diel R, Breuer C, Bös L, Geerdes-Fenge H, Günther A, Häcker B, Hannemann J, Nienhaus A, Priwitzer M, Witte P, Bauer T.* Empfehlungen für die Umgebungsuntersuchungen bei Tuberkulose – Update 2023. *Pneumologie* 2023; 77; 607-631 © 2023. Thieme: All rights reserved

*Dorman SE, Nahid P, Kurbatova EV.* Four-Month Rifapentine Regimens with or without Moxifloxacin for Tuberculosis. *N Engl J Med* 2021; 384: 1705-1718 DOI: 10.1056/NEJMoa2033400. (PMID: 33951360) online abgerufen am 07.11.2023

*European Centre for Disease Prevention and Control (WHO Regional Office for Europe).* Tuberculosis surveillance and monitoring in Europe 2022 – 2020 data. Online abgerufen Januar 2023 unter: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/tuberculosis-surveillance-and-monitoring-europe-2022-2020-data>

*Erb J, Priwitzer M, Unger C, Winzer C.* *Gesundheitsberichterstattung.* Tuberkulose in Stuttgart. Landeshauptstadt Stuttgart, Referat Soziales, Jugend und Gesundheit, Gesundheitsamt in Verbindung mit der Stabsabteilung Kommunikation, 2004

*Feiterna-Sperling C, Brinkmann F, et al.* *S2k-Leitlinie zur Diagnostik, Prävention und Therapie der Tuberkulose im Kindes- und Jugendalter.* 2018; AWMF Online; AWMF-Registernummer 048–016; Online abgerufen am 24.08.2023 unter: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/048-016l\\_S2k\\_Tuberkulose-Kinder-Jugendliche-Diagnostik-Prävention-Therapie\\_2018-02.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/048-016l_S2k_Tuberkulose-Kinder-Jugendliche-Diagnostik-Prävention-Therapie_2018-02.pdf)

*Ferlinz R.* *Tuberkulindiagnostik.* Deutsches Ärzteblatt 93, Heft 16, 19. April 1996 (65).

*Forßbohm M, Loytved G, Königstein B. (Hrsg.)* 2002. Praxisleitfaden Tuberkulose für Fachkräfte an Gesundheitsämtern. Akademie für öffentliches Gesundheitswesen in Düsseldorf; 2002.

*Günther G, Kuhns M, Friesen I.* Update: Diagnostik und Therapie der pulmonalen Tuberkulose. *Dtsch Med Wochenschr* 2023; 148: 1227-1235.

*Haas W, Brodhun B, Starker A.* *Tuberkulose.* 2006. Gesundheitsberichterstattung des Bundes; Robert-Koch-Institut in Zusammenarbeit mit dem Statistischen Bundesamt; Heft 35; November 2006.

*Hauer B, Loddenkemper R, Castell S.* *Prävention der berufsbedingten Tuberkulose.* In: Nienhaus A, Brandenburg S, Teschler H. (Hrsg.) 2012. Tuberkulose als Berufskrankheit. Ein Leitfaden zur Begutachtung und Vorsorge. 3. aktualisierte Auflage; ecomed MEDIZIN, 2012.

*Hauer B: Tuberkulosekontrolle:* Neue Wege beschreiten. *Epid Bull* 2020;11:3 – 5 | DOI 10.25646/6533

*Hauer B, Brodhun B:* Einfluss der COVID-19-Pandemie auf die epidemiologische Tuberkulosesituation in Deutschland im Jahr 2020. *Epid Bull* 2022;11:9-23 | DOI 10.25646/9763

*Hauer B, Kröger S, Haas W, Brodhun B.* Tuberkulose bei Patientinnen und Patienten mit Geburtsland Ukraine in Deutschland im Jahr 2022. *Epid Bull* 2023; 11:6-19 / DOI 10.25646/11183

*Heyckendorf J, Kalsdorf B, Herzmann C, Günther G, Lange C.* Tuberkulose – State of the Art. *Kompodium Pneumologie*; 6. Jahrg. 2012, Nr. 1; 39-42.

*Heykes-Uden H.* Erfahrungen mit dem Interferon-Gamma Test in der Tuberkulose-Beratungsstelle der Region Hannover. *Gesundheitswesen* 2008; 70; 658-661.

*Holt E.* Tuberculosis services disrupted by war in Ukraine. [www.the-lancet.com/infection](http://www.the-lancet.com/infection) Vol22 May 2022

*Infektionsschutzgesetz* vom 20. Juli 2000 (BGBl. I S. 1045), das durch Artikel 3 des Gesetzes vom 21. März 2013 (BGBl. I S. 566) geändert worden ist

*Jenkes C.* Tuberkulose – Ich hust Dir was. *Pharma-Brief Spezial*; Nr. 2; 2008; Hrsg. BUKO Pharma-Kampagne / Gesundheit und Dritte Welt e.V.

*Jenkes C.* Tuberkulose weltweit. Ein globales Gesundheitsproblem im Fokus. *Pharma-Brief Spezial*; Nr. 1; 2016; ISSN 1618-4599; Hrsg. BUKO Pharma-Kampagne / Gesundheit und Dritte Welt e.V.

*Junker E, Wallner G.* Die Tuberkulosebekämpfung im Wandel der Zeiten. 2004. IMABE – Institut für medizinische Anthropologie und Bioethik, Wien; *Imago Hominis* Band 11; Heft 3; S. 193-206. Online abgerufen zuletzt am 18.11.2022 unter: <https://www.imabe.org/imagohominis/imago-hominis-3/2004-praeventivmedizin-ii/die-tuberkulosebekaempfung-im-wandel-der-zeiten>

*Kapek C.* Die Tuberkulose im Wandel der Zeit – Teil 1. 2017. Online zuletzt abgerufen am 15.11.2022 unter : <https://www.mta-dialog.de/artikel/die-tuberkulose-im-wandel-der-zeit-teil-1>

*Kapek C.* Die Tuberkulose im Wandel der Zeit – Teil2. 2017. Online zuletzt abgerufen am 15.11.2022 unter: <https://www.mta-dialog.de/artikel/die-tuberkulose-im-wandel-der-zeit-teil-2>

*Kappelman J, Alčićek MC, Kazanci N, Schultz M, Ozkul M, Sen S.* First Homo erectus from Turkey and implications for migrations into temperate Eurasia. 2008 *Am J Phys Anthropol.*;135, S. 110-116. [www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18067194](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18067194) Online Zugriff am 18.11.2022

*Kröger S:* Welttuberkulosestag 2023: Yes! We can end TB! *Epid Bull* 2023;11:3-5 | DOI 10.25646/11208

*Lange C.* Management der antibiotikaresistenten Tuberkulose. Dtsch Med Wochenschr 2023; 148: 1236-1241.

*Lange C, Aaby P, Behr MA.* et al. 100 years of Mycobacterium bovis bacille Calmette-Guerin. Lancet Infect Dis 2022; 22 (01) e2-e12 DOI: 10.1016/S1473-3099(21)00403-5. (PMID: 34506734)

*Lange C, Schaberg T, Diel, Greinert U.* Aktueller Stand der Tuberkulosedagnostik. Dtsch Med Wochenschr 2006; 131; 341-347.

*Lorenz A.* Quantitative Real-time PCR zum spezifischen Nachweis transrenaler DNA des Mycobacterium tuberculosis complex. Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades der Humanmedizin der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München. 2010.

*Ludwig T.* Frédéric Chopin: Husten mit unendlicher Anmut. Dtsch Arztebl 2000; 97(15): A-1007 / B-849 / C-803

*Murray J M, Schraufnagel D E, Hopewell P C.* Treatment of tuberculosis. A Historical Perspective. Ann Am Thorac Soc Vol 12, No 12, pp 1749–1759, Dec 2015 Copyright © 2015 by the American Thoracic Society DOI: 10.1513/AnnalsATS.201509-632PS  
Internet address: www.atsjournals.org

*Niedersächsisches Landesgesundheitsamt (NLGA).* Meldepflichtige Infektionskrankheiten in Niedersachsen in den Jahren 2001 – 2010. Infektionsreport, Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2012.

*Niemann S, Diel R.* Neue Entwicklungen in der molekularen Epidemiologie der Tuberkulose. Pneumologie 2011; DOI 10.1007/s10405-010-0400-7; Springer Verlag 2010

*Nienhaus A, Brandenburg S, Teschler H. (Hrsg.) 2012.* Tuberkulose als Berufskrankheit. Ein Leitfaden zur Begutachtung und Vorsorge. 3. aktualisierte Auflage; ecomed MEDIZIN, 2012.

*Niedersächsisches Landesgesundheitsamt (Hrsg.) 2012.* Meldepflichtige Infektionskrankheiten in den Jahren 2001 – 2010. Infektionsreport. Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2012.

*Raffaella Römer.* Tuberkulose: 3000 Jahre und kein Ende in Sicht. Online verfügbar unter: <https://www.wissen.de/tuberkulose-3000-jahre-und-kein-ende-sicht>

*Robert Koch-Institut (Hrsg).* 2006. Bericht zur Epidemiologie der Tuberkulose in Deutschland für 2004. Berlin.

*Robert Koch-Institut, Statistisches Bundesamt.* Tuberkulose. Gesundheitsberichterstattung des Bundes; Heft 35, 2006

*Robert Koch-Institut (Hrsg).* 2013. Bericht zur Epidemiologie der Tuberkulose in Deutschland für 2011. Berlin.

*Robert Koch-Institut (Hrsg).* Tuberkulose RKI Ratgeber. 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.

*Robert Koch-Institut (Hrsg).* Tuberkulose RKI Ratgeber. Erstveröffentlichung im Epidemiologischen Bulletin 11/2000, Vollständig aktualisierte Fassung, veröffentlicht im Epidemiologischen Bulletin 11/2024.

*Robert Koch-Institut (Hrsg).* 2023. Bericht zur Epidemiologie der Tuberkulose in Deutschland für 2021. Berlin.

*Robert Koch-Institut (Hrsg).* 2023a. Bericht zur Epidemiologie der Tuberkulose in Deutschland für 2022. Berlin.

*Robert Koch-Institut (Hrsg).* Empfehlungen der Ständigen Impfkommission (STIKO) am Robert-Koch-Institut / Stand: August 2013. Epidemiologisches Bulletin; 26. August 2013 / Nr. 34

*Schuchart S.* Robert Koch und die Geschichte der Tuberkulose. Deutsches Ärzteblatt; Jg. 114; Heft 11; 11. März 2017.

*Seewald B.* Die größte Impfkatastrophe in Deutschland. Veröffentlicht am 03.02.2022 unter: <https://www.welt.de/geschichte/article225586595/Tuberkulose-Die-groesste-Impfkatastrophe-in-Deutschland.html>

*Smieja MJ, Marchetti CA, Cook DJ, et al.* Isoniazid for preventing tuberculosis in non-HIV infected persons. Cochrane Database Syst Rev 2000:CD001363. Suárez I, Fünger SM, Kröger S, Rademacher J, Fätkenheuer G, Rybniker J: The diagnosis and treatment of tuberculosis. Dtsch Arztebl Int 2019; 116: 729–35. DOI: 10.3238/arztebl.2019.0729

*Stadt Frankfurt am Main (Hrsg.) 2012.* Epidemiologie und Prävention von Infektionskrankheiten in Frankfurt am Main. Jahresgesundheitsbericht 2011. Frankfurt am Main, Amt für Gesundheit 2012.

*Tempel G, Hentschel K, Benecke M.* Tuberkulose in der Stadt Bremen. Über neue Entwicklungen eines fast vergessenen Risikos. Gesundheitsamt Bremen, Abteilung Gesundheit und Umwelt, 2008.

*Thielen H, Heykes-Uden H, Niemann S.* Ausbreitung eines zweifach-resistenten Mycobacterium tuberculosis-Stammes unter Obdachlosen in einer deutschen Großstadt. Pneumologie 2004; 58; 17-22. Georg Thieme Verlag Stuttgart New York.

*Tissot F, Zanetti G, Francioli P et al.* Influence of bacille Calmette-Guerin vaccination on size of tuberculin skin test reaction: to what size? Clin Infect Dis 2005 (15. Januar); 40: 211-7

*UK Health Security Agency. (2021)* Tuberculosis in England: 2020. UK Health Security Agency, London. Online abgerufen am 21.02.2023 unter: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/1064395/TB\\_annual-report-2021.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1064395/TB_annual-report-2021.pdf)

*Ulbrichts T, Kaufmann SHE.* Immunologie der Tuberkulose und neue Impfstoffansätze. Monatszeitschrift Kinderheilkunde; 154; 132-141, Springer, Berlin, 2006

*Wagner D, Scharlach M, Sielski J, Dreesmann J, Pulz M.* Einführung des Interferon- $\gamma$ -Release Assay bei Tuberkulose-Umgebungsuntersuchungen – ein 2-Jahres Projekt in Niedersachsen- Gesundheitswesen 2011; 73: 363-368.  
*Winkle S.* Kulturgeschichte der Seuchen. Düsseldorf, Zürich: Artemis und Winkler; 1997

*Witte P, Arvand M, Barth s, Diel R, Friesen I, Gastmeier P, Häcker B, Hauer B, Kuhns M, Nienhaus A, Otto-Knapp R, Richter E, Wischniewski N, Ziegler R, Bauer T.* Infektionsprävention & Hygiene – Recommendations of the DZK; Pneumologie 2023; 77; 983-1000

*World Health Organization (WHO).* Global Tuberculosis Report 2013. World Health Organization 2013.

*World Health Organization (WHO).* The End TB Strategy. WHO/HTM/TB/2015.19 © World Health Organization 2015.

*World Health Organization (WHO).* Global Tuberculosis Report 2021. ISBN 978-92-4-003702-1 (electronic version). World Health Organization 2021.

*World Health Organization (WHO).* Global Tuberculosis Report 2022. ISBN 978-92-4-006173-9 (electronic version). World Health Organization 2022.

*World Health Organization (WHO).* Global tuberculosis report 2022. Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

*World Health Organization (WHO).* consolidated guidelines on tuberculosis. Module 4: treatment - drug-resistant tuberculosis treatment, 2022 update. Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

*World Health Organization (WHO).* Global tuberculosis report 2023. Geneva: World Health Organization; 2023. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

*Zanoni G.* Einführung des Disc-Tine-Tuberculin-Test Rosenthal oder Mendel-Mantoux Test?. Pneumologie 148; 24-31; 1972.

# ANHANG

## *Länder der Region Afrika*

Algerien, Angola, Benin, Botswana, Burkina Faso, Burundi, Kamerun, Kap Verde, Zentralafrikanische Republik, Tschad, Komoren, Elfenbeinküste, Demokratische Republik Kongo, Äquatorialguinea, Eritrea, Äthiopien, Gabun, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Kenia, Lesotho, Liberia, Madagaskar, Malawi, Mali, Mauretanien, Mauritius, Mosambik, Namibia, Niger, Nigeria, Kongo, Ruanda, São Tomé und Príncipe, Senegal, Seychellen, Sierra Leone, Südafrika, Südsudan, Swasiland, Togo, Uganda, Tansania, Sambia, Simbabwe

## *Länder der Region Amerika*

Antigua und Barbuda, Argentinien, Bahamas, Barbados, Belize, Bolivien, Brasilien, Kanada, Chile, Kolumbien, Costa Rica, Kuba, Dominica, Dominikanische Republik, Äquador, El Salvador, Grenada, Guatemala, Guyana, Haiti, Honduras, Jamaika, Mexiko, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, Sankt Kitts und Nevis, Sankt Lucia, Sankt Vincent und die Grenadinen, Surinam, Trinidad und Tobago, Vereinigte Staaten von Amerika, Uruguay, Venezuela

## *Länder der Region Süd-Ost Asien*

Bangladesch, Butan, Nord Korea, Indien, Indonesien, Malediven, Myanmar, Nepal, Sri Lanka, Thailand, Osttimor

## *Länder der Region Europa*

Albanien, Andorra, Armenien, Österreich, Aserbaidshan, Weißrussland, Belgien, Bosnien-Herzegowina, Bulgarien, Kroatien, Zypern, Tschechien, Dänemark, Estland, Finnland, Frankreich, Georgien, Deutschland, Griechenland, Ungarn, Island, Irland, Italien, Kasachstan, Kirgistan, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Moldawien, Monaco, Montenegro, Niederlande, Nord-Mazedonien, Norwegen, Polen, Portugal, Rumänien, Russland, San Marino, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Schweden, Schweiz, Tadschikistan, Türkei, Turkmenistan, Ukraine, Vereintes Königreich, Usbekistan

## *Länder der Region Östliche Mittelmeerländer*

Afghanistan, Bahrein, Dschibuti, Ägypten, Iran, Irak, Jordanien, Kuwait, Libanon, Lybien, Marokko, Oman, Pakistan, Katar, Saudi Arabien, Somalien, sudan, Syrien, Tunesien, Vereinte Arabische Emirate, Jemen

## *Länder der Region West Pazifik*

Australien, Brunei, Kambodscha, China, Cookinseln, Fidschi, Japan, Kiribati, Malaysia, Laos, Marshallinseln, Mikronesien, Mongolei, Nauru, Neuseeland, Niue, Palau, Papua Neuguinea, Philippinen, Samoa, Singapur, Salomoninseln, Südkorea, Tonga, Tuvalu, Vanuatu, Vietnam

## GENOTYPISIERUNG UND CLUSTERANALYSE VON MYCOBACTERIUM TUBERCULOSIS KOMPLEX STÄMMEN

*Viola Dreyer, Stefan Niemann*

Die Überwachung (Surveillance) der Ausbreitung der Erreger der Tuberkulose (TB), die aus dem Mycobacterium tuberculosis Komplex (Mtbk) stammen, ist eine wichtige Voraussetzung Infektionsketten zu erkennen und sie gegebenenfalls zu unterbrechen. Neben den klassischen Methoden der Umgebungsuntersuchung, gibt es verschiedene moderne Verfahren zur Genotypisierung klinischer Mtbk-Stämme, die zur Identifizierung bzw. dem Ausschluss von Übertragungen genutzt werden können. Klassische Verfahren sind z.B. die sogenannten DNA-Fingerprint Methoden, die stammspezifische Bandenmuster, den so genannten „Fingerabdruck“, oder spezifische Zahlenkombinationen erzeugen, um zwei Stämme auf ihre Verwandtschaft zu überprüfen. Im Vergleich zu modernen Verfahren, die auf der Genomsequenzierung des Erregers basieren, weisen diese Methoden eine deutlich verringerte Präzision bei der Charakterisierung klinischer Mtbk-Stämme auf, vergleichbar mit einem stark verpixelten Bild. Bei der klassischen Fingerprint-Methode wird nur etwa 1% des Erregergenoms analysiert, wogegen die Gesamtgenomsequenzierung (Englisch: Whole Genome Sequencing, WGS) eine Detailanalyse des Genoms erlaubt und die Aussagekraft des Vergleichsergebnisses damit erheblich gesteigert wird.

Mit der Einführung von Hochdurchsatzmethoden zur Gesamtgenomsequenzierung, konnten auch die Verfahren zur Genotypisierung der TB-Erreger deutlich verbessert werden. Wurde bei früheren Verfahren nur ein kleiner Teil des Erbguts miteinander verglichen, kann nun fast das gesamte Erbgut von Mtbk-Stämmen für Ähnlichkeitsanalysen genutzt werden. Die Unterschiede zwischen einzelnen Mtbk-Stämmen entstehen durch zumeist spontan auftretende Veränderungen des Erbguts wie z.B. Einzelnukleotid austausche, so genannter „SNPs“ oder durch die Einfügung zusätzlicher Nukleotide (Insertion, In) oder den Verlust von Nukleotiden (Deletionen, Dels), so

genannter „InDels“. Insgesamt besteht das Erbgut des TB-Erregers aus ca. 4,5 Millionen Basenpaaren und die Distanz, die zur Bestimmung von sogenannten Clustern (Stämmen in potenziellen Übertragungsketten) verwendet wird, liegt bei maximal 5 SNPs für direkte Übertragungen und maximal 12 SNPs bei größeren Infektionsketten. Neben der Clusteranalyse, können mit Hilfe der Genomsequenz noch weitere Eigenschaften des Erregers, wie zum Beispiel Antibiotikaresistenzen und Virulenzmarker, vorhergesagt werden.

Ein Problem für größere Studien, in denen z.B. die Genomanalyse für eine prospektive, molekulare Surveillance eingesetzt wird, ist, dass mit der Anzahl der zu vergleichenden Stämme auch die benötigte Rechenkapazität und der Zeitaufwand für diese bioinformatische Analysen stark ansteigt. Hier konnte mit dem so genannten „Core Genome Multi Locus Sequence Typing“ (cgMLST) ein Verfahren entwickelt werden, das eine mit der SNP-basierten Genomanalyse vergleichbare Leistungsfähigkeit hat, aber die benötigte Rechenleistung deutlich reduziert. Beim cgMLST-Verfahren wird pro Stamm jedem Gen des vorab bestimmten Kerngenoms (2891 Gene) anhand der Mutationen eine sogenannte Allelnummer zugeordnet, sodass nun Zahlenfolgen von 2891 Allelnummern

verglichen werden. Auf diese Weise können die Mtbk-Stämme molekulargenetisch genauestens charakterisiert und hochauflösend genotypisiert werden. Hierbei wird, analog zur SNP-basierten Typisierung von Mtbk-Stämmen, ein Abstand von maximal 5 Allelen verwendet. Größere Abstände schließen eine direkte Übertragung in den meisten Fällen aus.

Um eine effektive Überwachung des Übertragungsgeschehens der TB in einer bestimmten Region zu ermöglichen, muss ein möglichst großer Anteil der Kultur-positiven TB-Fälle in die Surveillance eingeschlossen werden. In diesem Kontext wurde 2020 in Deutschland das Projekt „Public-Health-Beitrag einer bundesweiten integrierten molekularen Surveillance am Beispiel der Tuberkulose“ (PHIMS-TB) initiiert, das gemeinsam vom Robert Koch Institut (RKI), dem Nationalen Referenzzentrum (NRZ) am Forschungszentrum Borstel, Leibniz Lungenzentrum (FZB) durchgeführt wurde und zurzeit durch das Projekt „Integrierte Molekulare Surveillance der Tuberkulose (IMS-TB), weitergeführt wird. (<https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/T/Tuberkulose/imstb.html>). Im Rahmen der IMS-TB Studie werden systematisch die Genotypisierungsdaten von Mtbk-Stämmen aus Deutschland mit den Meldedaten, die im Rahmen des Infektionsschutzgesetz erhoben werden,

verknüpft und zu Detektion von molekularen Clustern und aktiven Übertragungsgeschehen analysiert. Die systematische Verknüpfung von molekularen und epidemiologischen Daten kann entscheidend zur Überwachung von Ausbruchsgeschehen sowie zur Detektion von Übertragungsketten beitragen und soll den öffentlichen Gesundheitsdienst (ÖGD) in seiner Arbeit unterstützen. Das langfristige Ziel des IMS-TB Projekts ist es, möglichst alle Mtbk-Stämme von Kulturpositiven TB-Fällen aus Deutschland zu sequenzieren um kontinuierlich die Transmissions- und Resistenzsurveillance der TB mittels der Genotypisierungsdaten in Deutschland zu verbessern.



#### **Kontakt:**

Forschungszentrum Borstel  
Leibniz Lungenzentrum  
Parkallee 1-40, 23845 Borstel  
Tel. +49 4537 / 188-0



## **DAS DEUTSCHE ZENTRAKKOMITEE ZUR BEKÄMPFUNG DER TUBERKULOSE (DZK E.V.)**

*Brit Häcker, Ralf Otto-Knapp, Torsten Bauer*

Zur Gründung des „Deutschen Zentralkomitees zur Bekämpfung der Tuberkulose“ (DZK e.V.) im Jahr 1895 war die Tuberkulose eine bedeutende Volkskrankheit, an der jeder vierte berufstätige Mann verstarb. Damals wurde das DZK zur organisatorischen und finanziellen Unterstützung zum Bau von Sanatorien für Tuberkulosekranke gegründet. Neben der Unterstützung von Tuberkulosepatienten zählten schon damals die Aufklärung der Bevölkerung, die Förderung von Wissenschaft und Forschung und die Förderung von ambulanten Tuberkulosefürsorgestellen zu den Zielen des DZK.

Die Prävalenz der Tuberkulose in Deutschland ist im vergangenen Jahrhundert durch Verbesserung der Hygiene, den Aktivitäten der unter dem Dach des DZK vereinigten Entscheidungsträger deutlich zurückgegangen und durch die Einführung einer wirksamen medikamentösen Therapie seitdem rückläufig. Aktuelle Daten von 2022 weisen eine Inzidenz von 5,1 Neuerkrankungen pro 100 000 Einwohner auf<sup>1</sup>. Besorgniserregend sind jedoch die weltweit auftretenden Resistenzen gegen Tuberkulosemedikamenten sowie weiterhin hohe Erkrankungen von 10,6 Millionen Neuerkrankungen und 1,3 Millionen Todesfällen an Tuberkulose in 2022. Durch Migration wird die Tuberkuloseinzidenz und auch die Anzahl der Erkrankten mit resistenter Tuberkulose in Deutschland beeinflusst, so dass eine Vigilanz des öffentlichen Gesundheitswesens für die Erkrankung aufrecht gehalten werden muss.

Heute arbeitet das DZK als gemeinnütziger Verein (e.V.). Zu den Mitgliedern zählen u.a. das Bundesministerium für Gesundheit (BMG), das Robert Koch-Institut (RKI), die Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin (DGP), der Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitswesens (BVÖGD) und mehr als die Hälfte aller Bundesländer. Schwerpunktmäßig befasst sich das DZK mit der Erstellung von Leitlinien

und Handlungsempfehlungen zu verschiedenen Aspekten von Tuberkulose. 2022 wurde das Update der Leitlinie „Tuberkulose im Erwachsenenalter“<sup>3</sup> in der Zeitschrift Pneumologie veröffentlicht. 2023 erschienen das Update zu den „Empfehlungen für die Umgebungsuntersuchungen bei Tuberkulose“<sup>4</sup> und die Empfehlung zur Infektionsprävention und Hygiene bei Tuberkulose<sup>5</sup>. 2024 erfolgte die Publikation des Amendments zur Behandlung der resistenten Tuberkulose<sup>6</sup>. Aktuell wird an einer S3-Leitlinie zur Tuberkuloseprävention bei Migrantinnen und Migranten gearbeitet. Weitere Stellungnahmen zu zeitpolitischen Themen der Tuberkuloseversorgung insbesondere im Zusammenhang mit Migration sowie dem Zugang zu Medikamenten, fachliche Beratung von Behandelnden und Betroffenen, die Unterstützung des öffentlichen Gesundheitswesens zählen ebenso wie wissenschaftliche Projekte zu den weiteren Tätigkeiten des DZK. Auch setzt sich das DZK für die Vernetzung der unterschiedlichen Akteure im Versorgungsbereich der Tuberkulose ein, um so die Betreuung der Patientinnen und Patienten zu verbessern.

Zusammen mit dem Robert Koch-Institut und dem Forschungszentrum Borstel wird die jährlich anlässlich des Welttuberkulose-tages stattfindende Veranstaltung „Tuberkulose Aktuell“ organisiert.

Die Geschäftsstelle des DZK findet sich auf dem Gelände des Helios Klinikums Emil von Behring in Berlin, wo die Nähe zur klinischen Infektiologie für den zusätzlichen Austausch zwischen Forschung und Praxis sorgt und einen regelmäßigen Austausch mit Herrn Prof. Dr. Torsten Bauer, Chefarzt der Klinik für Pneumologie der Lungenklinik Heckeshorn und amtierender Generalsekretär des DZK ermöglicht.

Für ihre Fragen stehen wir Ihnen telefonisch oder per E-Mail zur Verfügung. Unsere Webseite bietet zusätzliche viele aktuelle Informationen, Hinweise auf Veranstaltungen und Publikationen sowie einen Fach- und Laienbereich mit allen Informationen rund um die Tuberkulose.

**Kontakt:**

Deutsches Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose (DZK e.V.)  
Walterhöferstr. 11, Haus Q, 14165 Berlin  
Tel.: 030 / 81 49 09 22  
info@dzk-tuberkulose.de  
www.dzk-tuberkulose.de

**Literatur:**

1. Robert Koch-Institut. Bericht zur Epidemiologie der Tuberkulose in Deutschland für 2022. Berlin 2023.
2. Weltgesundheitsorganisation. Global TB Report 2022. Genf 2023
3. Schaberg T, Brinkmann F, Feiterna-Sperling C, Geerdes-Fenge H, Hartmann P, Häcker B, Hauer B, Haas W, Heyckendorf J, Lange C, Maurer FP, Nienhaus A, Otto-Knapp R, Priwitzer M, Richter E, Salzer HJF, Schoch O, Schönfeld N, Stahlmann R, Bauer T. Tuberkulose im Erwachsenenalter. Pneumologie. 2022 Nov;76(11):727-819.
4. Diel R, Breuer C, Bös L, Geerdes-Fenge H, Günther A, Häcker B, Hannemann J, Nienhaus A, Priwitzer M, Witte P, Bauer T. Empfehlungen für die Umgebungsuntersuchungen bei Tuberkulose – Update 2023. Pneumologie. 2023 Sep;77(9):607-631.
5. Witte P, Arvand M, Barth S, Diel R, Friesen I, Gastmeier P, Häcker B, Hauer B, Kuhns M, Nienhaus A, Otto-Knapp R, Richter E, Wischnewski N, Ziegler R, Bauer T. Infektionsprävention & Hygiene bei Tuberkulose – Empfehlungen des DZK. Pneumologie. 2023 Dec;77(12):983-1000.
6. Otto-Knapp R, Bauer T, Brinkmann F, Feiterna-Sperling C, Friesen I, Geerdes-Fenge H, Hartmann P, Häcker B, Hauer B, Haas W, Heyckendorf J, Kuhns M, Lange C, Maurer FP, Nienhaus A, Priwitzer M, Richter E, Salzer HJF, Schoch O, Schönfeld N, Schaberg T. Therapie bei MDR-, prä-XDR-, XDR-Tuberkulose und Rifampicin-Resistenz oder bei Medikamentenunverträglichkeit gegenüber mindestens Rifampicin. Pneumologie. 2024 Jan;78(1):35-46.

# BILDNACHWEISE

Titel: © Axel Kock – AdobeStock.com; S.3 © Cozine – AdobeStock.com; S.5 AdobeStock.com; S.9 © SewcreamStudio – AdobeStock.com | Abb. 1: Quelle: Deutsches Tuberkulose-Archiv, Heidelberg | Abb. 2: Quelle: Global Tuberculosis Report 2023, WHO | Abb. 3: <https://snl.no/Hippokrates> | Abb. 4: © Yevhenii – AdobeStock – KI generiert | Abb. 5: © GiorgioMorara – AdobeStock.com | Abb. 6: <https://de.wikipedia.org/wiki/Skrofulose> | Abb. 7-9: Deutsches Tuberkulose-Archiv, Heidelberg | Abb. 10-12: Global tuberculosis report 2023 (WHO) | Abb. 13: Deutsches Tuberkulose-Archiv, Heidelberg | Abb. 14: Nachbau: Region Hannover, Team Medien und Gestaltung | Abb. 15: AdobeStock.com | Abb. 16: Quelle: Deutsches Tuberkulose-Archiv, Heidelberg | Abb. 17: Nachbau: Region Hannover, Team Medien und Gestaltung | Abb. 18: WHO Bericht 2023 | Abb. 19: WHO Bericht 2023 | Abb. 20: Global tuberculosis report 2023 (WHO) | Abb. 21: Global tuberculosis report 2023 (WHO) | Abb. 22: Nachbau: Region Hannover, Team Medien und Gestaltung | Abb. 23: Global tuberculosis report 2023 (WHO) | Abb. 24: <https://www.semanticscholar.org/paper/Eponyms-in-Tuberculosis-Al-aboud/82d54e35e-e795f7d5b29078312b1313fe11ca234/figure/4> | Abb. 25: AdobeStock.com | Abb. 26: © smile35 – AdobeStock.com | Abb. 27: Saiful52 – AdobeStock.com | 28-31: Region Hannover | Abb. 32: © Christoph Burgstedt – AdobeStock.com | Abb. 33: © pikovit – AdobeStock.com | Abb. 34: [https://www.researchgate.net/figure/Positive-polymerase-chain-reaction-for-mycobacterium-tuberculosis\\_fig5\\_263776967](https://www.researchgate.net/figure/Positive-polymerase-chain-reaction-for-mycobacterium-tuberculosis_fig5_263776967) | Abb. 35: Region Hannover | Abb. 36: Deutsches Tuberkulose-Archiv, Heidelberg | Abb. 37: [https://www.researchgate.net/figure/Positive-polymerase-chain-reaction-for-mycobacterium-tuberculosis\\_fig5\\_263776967](https://www.researchgate.net/figure/Positive-polymerase-chain-reaction-for-mycobacterium-tuberculosis_fig5_263776967) | Abb. 38-38a: Global Tuberculosis Report 2023, WHO | Abb. 39: Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/L%C3%BCbecker\\_Impfungl%C3%BCck](https://de.wikipedia.org/wiki/L%C3%BCbecker_Impfungl%C3%BCck) | Abb. 40: © SKT Studio – AdobeStock.com | Abb. 41-47: Region Hannover



# Region Hannover

## IMPRESSUM

Der Regionspräsident

Region Hannover | Fachbereich Gesundheitsmanagement  
Hildesheimer Str. 20 | 30169 Hannover

Team Beratungsstelle TBC

Teamleitung Seyla Yazici  
Weinstr.2

Telefon (0511) 6 16-22 888

E-Mail [tuberkulose@region-hannover.de](mailto:tuberkulose@region-hannover.de)

[www.hannover.de/Tbc](http://www.hannover.de/Tbc)

---

Text Silke Gerdes

Gestaltung Region Hannover  
Team Medien & Gestaltung

Druck Region Hannover  
Team Medien & Gestaltung

Stand 03/2025