

Tuberkulose-Umgebungsuntersuchungen in Oberbayern im Zeitraum 2018 bis 2022: Ergebnisse einer retrospektiven Beobachtungsstudie

Einleitung

Menschen, die sich mit *Mycobacterium tuberculosis* (*M. tuberculosis*) infizieren, können an einer aktiven Tuberkulose (TB) erkranken oder eine latente Tuberkuloseinfektion (LTBI) ohne Anzeichen einer akuten Erkrankung entwickeln. Das Lebenszeitrisko der Progression einer LTBI zur aktiven TB liegt bei schätzungsweise 5–10 %*.^{1,2} In Deutschland ist TB eine seltene Erkrankung mit einer jährlichen Inzidenz von etwa 5 Fällen pro 100.000 Einwohner.³

Wie in Ländern mit vergleichbar niedriger TB-Inzidenz sind in Deutschland Umgebungsuntersuchungen von Indexpersonen ein wichtiger Bestandteil der TB-Kontrolle.^{4,5} Sie zielen darauf ab, a) zeitnah Sekundär- und Quellfälle zu finden und zu behandeln und b) latente Infektionen bei Kontaktpersonen frühzeitig zu erkennen und präventiv zu behandeln, um auf diese Weise künftige Erkrankungen und weitere Übertragungen zu verhindern.⁶ Um die Effizienz von Umgebungsuntersuchungen zu optimieren, sollten nur Kontaktpersonen mit substantiellem Infektionsrisiko (s. auch Methoden) in die Umgebungsuntersuchung eingeschlossen werden, möglichst ohne sekundäre LTBI- oder TB-Fälle zu übersehen.

Die Effizienz von Umgebungsuntersuchungen bemisst sich üblicherweise anhand der Nachweisrate (engl. *Yield*) von LTBI- und TB-Fällen im untersuchten Kontaktpersonenkollektiv bzw. der Anzahl der untersuchten Kontaktpersonen, um einen TB-Fall zu diagnostizieren (*Number Needed to Screen*). Weitere Effizienzparameter sind die Testrate (d. h. der Anteil der Kontaktpersonen, die auf LTBI und TB getestet wurden) sowie die Rate der abgeschlossenen präventiven Behandlungen bei Kontaktpersonen mit LTBI. Nach unserem Kenntnisstand wurde der *Yield* von Umgebungsuntersuchungen in Deutschland bislang nur in wenigen Studien quantifiziert^{7–10} und es liegen bislang keine Auswertungen vor, in denen alle oben genannten Effizienzparameter ge-

meinsam in einer Kontaktpersonenkohorte betrachtet wurden.

In dieser Studie wurden Daten von TB-Umgebungsuntersuchungen in Oberbayern aus den Jahren 2018 bis 2022 ausgewertet. Wir ermittelten den Anteil enger Kontaktpersonen, die eine Infektion mit *M. tuberculosis*, d. h. eine LTBI bzw. eine aktive TB entwickelten sowie Risikofaktoren für das Vorliegen einer *M. tuberculosis*-Infektion bei engen Kontaktpersonen. Darüber hinaus bestimmten wir die Anteile getesteter und präventiv behandelter Kontaktpersonen als Indikatoren für die Einhaltung geltender nationaler Empfehlungen und Leitlinien.^{5,11,12}

Methoden

Studienpopulation und Datenerhebung

Wir verwendeten anonymisierte Daten von Umgebungsuntersuchungen der Jahre 2018 bis 2022 aus zehn Landkreisen in Oberbayern, die von den zuständigen lokalen Gesundheitsämtern erhoben wurden. Die teilnehmenden Landkreise umfassen insgesamt etwa 1,5 Millionen Einwohner, d. h. 11,3 % der gesamten bayerischen Bevölkerung (Stichtag 31. Dezember 2022). TB-Fälle werden von Ärztinnen/Ärzten und Laboren an die örtlichen Gesundheitsämter gemeldet, welche die Informationen an das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) weiterleiten.

Der analysierte Datensatz enthielt nur Kontaktpersonen, die im gleichen Landkreis wie die jeweilige Indexperson wohnten. Indexpersonen wurden zudem nur berücksichtigt, wenn mindestens eine zugehörige enge Kontaktperson im Bereich des für die Indexperson zuständigen Gesundheitsamts ermittelt werden konnte. Aus acht Landkreisen hatten wir

* Diese Angabe gilt für immungesunde Erwachsene.

zusätzlich aggregierte Angaben zur Anzahl der in andere Landkreise vermeldeten Kontaktpersonen pro Indexperson, sowie zu deren Expositionsorten.

Die Umgebungsuntersuchung bei TB-Fällen erfolgte gemäß nationaler Leitlinien:⁵ Enge Kontaktpersonen von an infektiöser Lungentuberkulose erkrankten Personen werden von den lokalen Gesundheitsämtern zu klinischen Untersuchungen und diagnostischen Tests eingeladen. Die Auswahl der Kontaktpersonen berücksichtigt die Infektiosität des Indexfalls sowie die kumulative Dauer und Intensität des Kontaktes. Enge Kontaktpersonen werden acht Wochen nach der letzten Exposition gegenüber der Indexperson mit einem Tuberkulin-Haut-Test (THT) oder einem Interferon-Gamma-Release-Assay (IGRA) getestet. Kontaktpersonen unter 15 Jahren werden zusätzlich unverzüglich klinisch untersucht und mittels THT/IGRA getestet; Kontaktpersonen unter fünf Jahren oder immungeschwächten Personen wird zudem eine unverzügliche Thorax-Röntgen-Untersuchung und eine medikamentöse Prophylaxe mit Isoniazid für maximal acht Wochen empfohlen. Dieses Vorgehen begründet sich darin, dass zu einem frühen Zeitpunkt nach Exposition (in der präallergischen Phase) ein negatives Ergebnis der Immundiagnostik nicht aussagekräftig ist, eine unerkannte Infektion bei dieser Personengruppe aber mit einem hohen Progressionsrisiko verbunden ist. Bei positivem THT-/IGRA-Ergebnis erfolgt eine weiterführende TB-Diagnostik (klinische Untersuchung, mykobakteriologische Sputumuntersuchung und Thorax-Röntgen-Untersuchung). Kontaktpersonen mit LTBI (positiver THT-/IGRA-Befund ohne Anzeichen einer aktiven TB) wird eine präventive Therapie gemäß den geltenden Leitlinien angeboten.¹² Die präventive Therapie wird in der Regel von niedergelassenen Ärztinnen und Ärzten verordnet. In Deutschland empfohlene Regime sind Rifampicin für vier Monate, Rifampicin plus Isoniazid für drei Monate oder Isoniazid für neun Monate. Das Follow-Up von Kontaktpersonen mit LTBI umfasst mindestens eine Thorax-Röntgen-Kontrolle nach Abschluss der präventiven Therapie oder, falls keine Therapie erfolgt, innerhalb eines Jahres. Die präventive Behandlung (Regime, Beginn und Abschluss) sowie die Ergebnisse der Thorax-Röntgen-Untersuchung werden dem zuständigen Gesundheitsamt mitgeteilt.

Zu den TB-Indexpersonen und deren engen Kontaktpersonen wurden folgende Informationen erhoben: Geschlecht, Alter, Geburtsland (innerhalb oder außerhalb Deutschlands) und Aufenthaltsdauer in Deutschland (für im Ausland geborene Personen). Für die Indexpersonen wurden zudem mikrobiologische Testergebnisse (Mikroskopie, Kultur und PCR aus respiratorischem Material und Informationen zur Medikamentenresistenz) sowie Befunde bildgebender Untersuchungsverfahren erhoben. Die Infektiosität der Indexpersonen wurde in drei Kategorien eingeteilt: niedrig (nur Kultur und/oder PCR positiv), moderat (Mikroskopie positiv ohne sichtbare Kavernen in bildgebenden Untersuchungsverfahren) oder hoch (Mikroskopie positiv mit sichtbaren Kavernen). Die Daten zu den engen Kontaktpersonen umfassten zusätzlich: angenommene Expositionsdauer (<8, 8–40 oder >40 Stunden) und -ort (Gemeinschaftsunterkunft, Kindertagesstätte/Schule, Haushalt/Familie, Person in Pflege/Betreuung, soziale Aktivitäten oder Arbeit inkl. Arbeit in medizinischer und pflegerischer Einrichtungen) sowie vorhandene THT-/IGRA-Ergebnisse, klinische und Thorax-Röntgen-Befunde, Informationen über Beginn und Abschluss einer präventiven Behandlung und TB-Diagnosen bei Erstvorstellung ebenso wie im späteren Verlauf.

Kontaktpersonen wurden als mit *M. tuberculosis* infiziert definiert, wenn ein positives THT- oder IGRA-Ergebnis vorlag, sie bei der Erstuntersuchung bereits an TB erkrankt waren oder während des maximal 12-monatigen Follow-Ups erkrankten. Kontaktpersonen mit positivem THT/IGRA und unauffälligem Thorax-Röntgenbild wurden als Kontakte mit LTBI klassifiziert.

Statistische Analysen

In deskriptiven Analysen betrachteten wir die demografischen Merkmale von Indexpersonen und von deren Kontaktpersonen. Zusätzlich verglichen wir die Indexpersonen aus unserem Datensatz mit allen zwischen 2018 und 2022 an das LGL gemäß Infektionsschutzgesetz (IfSG) übermittelten infektiösen Lungentuberkulosefällen, welche die Referenzdefinition erfüllten¹³ und zusätzlich einen positiven Befund in der Mikroskopie, Kultur und/oder PCR aus respiratorischem Material aufwiesen. Unterschiede zwischen Fällen aus dem Umgebungsunter-

suchungs-Datensatz und den gemeldeten Fällen aus nicht teilnehmenden Bezirken wurden mittels Chi-Quadrat- bzw. exaktem Fisher-Test untersucht.

Des Weiteren berechneten wir im Umgebungsuntersuchungs-Datensatz den Anteil der mit THT/IGRA getesteten Kontaktpersonen (Testrate), den Anteil der *M. tuberculosis*-Infektionen, der LTBI- und der TB-Fälle unter den Kontaktpersonen (*Yield*) sowie den Anteil der Kontaktpersonen mit LTBI, die eine präventive Therapie abschlossen (Rate präventiver Behandlungen), sowohl gesamt als auch für Subgruppen.

Die Untersuchung möglicher Prädiktoren für *M. tuberculosis*-Infektionen bei Kontaktpersonen erfolgte mittels logistischer Regression mit den folgenden Variablen: Alter, Geschlecht und Herkunft der Kontaktperson, Expositionsdauer und -ort sowie Geburtsland und Infektiosität der zugehörigen Indexperson. Beobachtungen mit fehlenden Angaben zur Infektion oder zu einem der möglichen Prädiktoren wurden ausgeschlossen. Zusätzlich berechneten wir einen Klassifikationsbaum auf Grundlage derselben Risikofaktoren, wobei hier zusätzlich die Aufenthaltsdauer in Deutschland bei im Ausland geborenen Kontaktpersonen einbezogen werden konnte. Für die Klassifikationsbaum-Analyse wurden fehlende Werte zur Infektion ausgeschlossen, fehlende Werte bei Prädiktoren jedoch mittels Surrogatvariablen imputiert.¹⁴ Im Klassifikationsbaum wurde ein Komplexitätsparameter von 0,005 verwendet und die Mindestanzahl an Beobachtungen pro Knoten auf die Quadratwurzel der Fallzahl der in den Klassifikationsbaum eingehenden Beobachtungen gesetzt.^{15,16}

Die statistischen Analysen wurden mit dem statistischen Programm R (Version 4.4.1) unter Verwendung des Pakets rpart durchgeführt. Das zugehörige Auswertungsskript ist online zu finden unter: <https://osf.io/4ztxy/>

Ergebnisse

Beschreibung der Indexpersonen und Kontaktpersonen

Für 174 **TB-Indexpersonen** lagen Daten zur Umgebungsuntersuchung vor, von denen 132 im Ausland geboren waren (s. Tab. 1). Die Mehrheit der in Deutschland geborenen Indexpersonen (33 von 40) waren ≥ 50 Jahre, zwei Drittel der im Ausland geborenen Indexpersonen (86 von 132) hingegen 15–49 Jahre alt. Bei mehr als der Hälfte der Indexpersonen mit verfügbarem Ergebnis der Sputummikroskopie (100 von 172) wurden säurefeste Stäbchen nachgewiesen. Von diesen konnten anhand bildgebender Untersuchungen 61 als mäßig und 35 als hoch infektiös eingestuft werden, während für vier Indexpersonen keine Ergebnisse bildgebender Untersuchungen vorlagen. Elf Indexpersonen hatten eine MDR- oder prä-XDR-Tuberkulose (MDR: *multidrug-resistant*; XDR: *extensively drug-resistant*). Drei der Indexpersonen wurden noch im Jahr 2017 diagnostiziert, ihre Umgebungsuntersuchung erfolgte jedoch im Jahr 2018, weshalb diese in die Analyse eingeschlossen wurden.

Die 171 im Zeitraum 2018–2022 diagnostizierten Indexpersonen entsprachen 8,2 % der in diesem Zeitraum in ganz Bayern an das LGL gemeldeten 2.097 Fälle infektiöser pulmonaler Tuberkulose sowie 84,7 % der 202 gemeldeten Fälle in den teilnehmenden Landkreisen. Die Studien-Indexpersonen zeigten im Vergleich zu Fällen aus nicht teilnehmenden Landkreisen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Geschlechterverteilung (Chi²-Test: $p=0,596$), der Altersverteilung ($p=0,254$) oder der Untersuchungsergebnisse des respiratorischen Materials (Mikroskopie: $p=0,891$; PCR: $p=0,661$; Kultur: $p=0,432$). Eine Geburt im Ausland (76,9 % vs. 69,6 %; Chi²-Test: $p=0,047$) sowie eine MDR- oder prä-XDR-TB (4,3 % vs. 2,9 % bzw. 2,5 % vs. 0,4 %; exakter Fisher-Test: $p=0,007$) waren jedoch signifikant häufiger unter den Studien-Indexpersonen zu beobachten.

Daten von 2.186 **Kontaktpersonen** der insgesamt 174 TB-Indexpersonen standen für die Analyse zur Verfügung. Fast die Hälfte der Kontaktpersonen mit bekanntem Herkunftsland (863 von 1.869) war außerhalb Deutschlands geboren. Von allen Kontakt-

Tab. 1 | Beschreibung der Indexpersonen mit aktiver Lungentuberkulose, ausgewählte Landkreise Oberbayerns^a, 2018–2022 (n=174). Die Prozentwerte geben den Spaltenprozentsatz der nicht fehlenden Werte an.

Merkmal	Gesamt		In Deutschland geboren		Außerhalb Deutschlands geboren	
	n	%	n	%	n	%
Gesamt	174	100	40	100	132	100
Geburtsland						
Deutschland	40	23,3	NA		NA	
Außerhalb Deutschlands	132	76,7				
Unbekannt	2	NA				
Geschlecht						
Männlich	118	67,8	32	80,0	84	63,6
Weiblich	56	32,2	8	20,0	48	36,4
Altersgruppe						
0–4 Jahre	1	0,6	0	0	1	0,8
5–14 Jahre	1	0,6	1	2,5	0	0
15–49 Jahre	92	53,2	6	15,0	86	65,2
≥ 50 Jahre	79	45,7	33	82,5	45	34,1
Unbekannt	1	NA	0	NA	1	NA
Diagnosejahr						
2017	3	1,7	1	2,5	2	1,5
2018	29	16,7	4	10,0	25	18,9
2019	44	25,3	11	27,5	32	24,2
2020	40	23,0	7	17,5	33	25,0
2021	30	17,2	8	20,0	21	15,9
2022	28	16,1	9	22,5	19	14,4
Infektiosität ^b						
Niedrig	72	42,9	19	47,5	53	42,1
Mittel	61	36,3	14	35,0	46	36,5
Hoch	35	20,8	7	17,5	27	21,4
Unbekannt	6	NA	0	NA	6	NA
Medikamentenresistenz						
Sensitiv	153	93,3	38	95,0	113	92,6
MDR	7	4,3	1	2,5	6	4,9
prä-XDR	4	2,4	1	2,5	3	2,5
Unbekannt	10	NA	0	NA	10	NA

MDR = Multi-Resistenz; NA = nicht zutreffend; prä-XDR = prä-extensive Resistenz

a Bad Tölz-Wolfratshausen, Berchtesgadener Land, Dachau, Ingolstadt, Landsberg am Lech, Mühldorf, Pfaffenhofen, Rosenheim, Starnberg und Weilheim-Schongau

b Die Infektiosität wurde als niedrig (nur Kultur und/oder PCR positiv) oder mittel/hoch (Mikroskopie positiv ohne/mit sichtbare/n Kavernen) kategorisiert

personen waren ca. 60 % (1.321 von 2.186) 15–49 Jahre alt (s. Tab. 2). Zwischen im Ausland und in Deutschland geborenen Kontaktpersonen unterschieden sich die Alters- und Geschlechterverteilungen signifikant (Chi²-Test: jeweils $p < 0,0001$). Während bei im Ausland geborenen Kontaktpersonen der Anteil der Männer im Alter von 15–49 Jahren

53,8 % (464 von 863) ausmachte, lag er bei den in Deutschland geborenen Kontaktpersonen mit 21,1 % (212 von 1.006) deutlich niedriger. Als Expositionsorte wurden am häufigsten die Arbeitsstelle (708 von 2.182 bekannten Expositionsorten) und Haushalt/Familie (582) angegeben.

Tab. 2 | Beschreibung der Kontaktpersonen von Indexpersonen mit aktiver Lungentuberkulose, ausgewählte Landkreise Oberbayerns^a, 2018–2022 (n=2.186). Die Prozentwerte geben den Spaltenprozentsatz der nicht fehlenden Werte an.

Merkmal	Gesamt		In Deutschland geboren		Außerhalb Deutschlands geboren	
	n	%	n	%	n	%
Gesamt	2.186	100	1.006	100	863	100
Geburtsland						
Deutschland	1.006	53,8	NA		NA	
Außerhalb Deutschlands	863	46,2				
Unbekannt	317	NA				
Infektion mit <i>Mycobacterium tuberculosis</i>						
Ja	308	15,2	78	8,3	208	26,2
Nein	1.714	84,8	867	91,7	585	73,8
Unbekannt	164	NA	61	NA	70	NA
Geschlecht						
Männlich	1.181	54,1	451	44,8	570	66,0
Weiblich	1.004	45,9	555	55,2	293	34,0
Unbekannt	1	NA	0	NA	1	NA
Altersgruppe						
0–4 Jahre	124	5,7	85	8,4	14	1,6
5–14 Jahre	112	5,1	72	7,2	36	4,2
15–49 Jahre	1.321	60,4	490	48,7	650	75,3
≥ 50 Jahre	629	28,8	359	35,7	163	18,9
Expositionsdauer						
< 8 Stunden	290	13,7	199	20,3	87	10,6
8–40 Stunden	631	29,8	286	29,2	196	23,8
> 40 Stunden	1.198	56,5	495	50,5	539	65,6
Unbekannt	67	NA	26	NA	41	NA
Expositionsumfeld						
Gemeinschaftsunterkunft	246	11,3	19	1,9	226	26,2
Kita/Schule	183	8,4	99	9,9	58	6,7
Haushalt/Familie	582	26,7	259	25,8	284	32,9
Pflegeeinrichtung	177	8,1	92	9,2	17	2,0
Freizeitaktivitäten	288	13,2	130	13,0	100	11,6
Arbeit	706	32,4	403	40,2	178	20,6
Unbekannt	4	NA	4	NA	0	NA

Kita = Kindertagesstätte; NA = nicht zutreffend

a Bad Tölz-Wolfratshausen, Berchtesgadener Land, Dachau, Ingolstadt, Landsberg am Lech, Mühldorf, Pfaffenhofen, Rosenheim, Starnberg und Weilheim-Schongau

Insgesamt wurden im Zuständigkeitsbereich der teilnehmenden Gesundheitsämter im Median 7,5 [Interquartilsbereich: 4; 16] Kontaktpersonen pro TB-Indexperson untersucht. Die mediane Anzahl untersuchter Kontaktpersonen unterschied sich nicht signifikant zwischen männlichen (Median [IQR]: 8 [4; 16]) und weiblichen (7 [3; 14,25]) Indexpersonen (Mann-Whitney-U-Test: $p = 0,34$), zwi-

schen in Deutschland (7 [3,75; 16]) und im Ausland (8 [4; 16]; $p = 0,89$) geborenen Indexpersonen oder zwischen Indexpersonen mit hoher (10 [4,5; 14,5]) im Vergleich zu mittlerer (9 [4; 17]; $p = 0,94$) oder niedriger Infektiosität (6,5 [2,75; 14]; $p = 0,27$). Nur bei Indexpersonen im Alter zwischen 15 und 49 Jahren war sie signifikant höher (10 [5; 18,25]) als bei Fällen ab 50 Jahren (6 [3; 13,5]; $p = 0,008$).

Acht der zehn teilnehmenden Gesundheitsämter erhoben Informationen zu den in andere Landkreise vermeldeten Kontaktpersonen – insgesamt 759 Kontakte, was einem Median von vier vermeldeten zusätzlichen Kontaktpersonen [Interquartilsbereich: 2; 8] pro Indexperson entspricht. Bei diesen Kontaktpersonen erfolgte die Exposition zur Indexperson hauptsächlich am Arbeitsplatz (332 Kontakte) bzw. in einer Kindertagesstätte/Schule (189 Kontakte), etwas seltener bei anderswo lebenden Familienangehörigen oder Partnerinnen und Partnern (96 Kontakte), im Rahmen einer medizinischen oder pflegerischen Versorgung (70 Kontakte), bei sozialen Aktivitäten (41 Kontakte) oder in Gemeinschaftsunterkünften (28 Kontakte); bei drei vermeldeten Kontakten war der Expositionsort unbekannt.

Testrate, Yield und Rate präventiver Behandlungen bei Kontaktpersonen

Von den 2.186 Kontaktpersonen hatten 2.021 (92,5 %) ein valides THT-/IGRA-Ergebnis. Unter Berücksichtigung einer weiteren Person, bei welcher bereits ohne vorherige THT-/IGRA-Testung eine TB diagnostiziert wurde, wurde bei 308 von 2.022 Personen (15,2 %) eine *M. tuberculosis*-Infektion festgestellt. Innerhalb der ersten acht Wochen wurde bei 241 Personen (11,9 % von 2.022) eine LTBI und bei vier Personen eine TB diagnostiziert. Bei 63 Kontaktpersonen (20,5 % von 308) lagen keine ausreichenden Informationen zur Unterscheidung zwischen dem Vorliegen einer LTBI und einer TB vor. Diese Kontaktpersonen waren überwiegend männlich (41/63; 65,1 %), im Ausland geboren (40/54; 74,1 %) und häufiger in Gemeinschaftsunterkünften exponiert (15/63; 23,8 %). Von den 241 Personen mit LTBI begannen 74 eine präventive Behandlung (31,6 % der 234 mit entsprechenden Angaben). Sechsendsechzig Personen (28,2 % aller Personen mit LTBI und entsprechenden Angaben; 89,2 % der Personen, die präventiv behandelt wurden) schlossen die Behandlung auch ab, und für 197 der 241 Personen mit LTBI (81,7 %) war ein Befund einer Kontroll-Röntgen-Untersuchung des Thorax vorhanden. Von den 168 Personen mit LTBI, die keine präventive Behandlung abgeschlossen hatten, erhielten 127 (75,6 %) eine Kontroll-Röntgen-Untersuchung des Thorax. Sechs Kontaktpersonen mit LTBI entwickelten im Verlauf eine aktive TB. Keine dieser Personen hatte eine präventive Behandlung

erhalten. Dies entspricht einer Progressionsrate von 3,6 % unter den 167 Kontaktpersonen mit LTBI und Angaben zum Follow-Up, die keine präventive Behandlung erhalten hatten. Insgesamt wurden somit zehn TB-Erkrankungen unter den 2.186 Kontaktpersonen diagnostiziert (0,5 %).

Der Datensatz enthielt Informationen von 124 Kontaktpersonen unter fünf Jahren. In dieser Altersgruppe bekamen 72 Kinder unverzüglich eine Prophylaxe (72,7 % der 99 Kinder mit entsprechenden Angaben). Einundzwanzig der 124 exponierten Kinder unter fünf Jahren (16,9 %) erhielten eine unverzügliche Thorax-Röntgen-Untersuchung (alle ohne radiologischen Hinweis auf TB). Bei 96 (77,4 %) der 124 Kinder erfolgte eine unverzügliche Testung mittels THT (21 Kinder) oder IGRA (75 Kinder), davon vier mit positivem Befund. Sieben der 92 initial negativ getesteten Kinder (7,6 %) konnten nicht bis zur zweiten Testung nach acht Wochen nachverfolgt werden. Fünf Kinder (4,0 % aller 124 Kinder unter fünf Jahren) erhielten eine Testung nach acht Wochen, ohne initial getestet worden zu sein. Bei der Testung nach acht Wochen wurden keine weiteren Kinder positiv getestet. Unter Berücksichtigung der Testungen nach acht Wochen hatten somit 94 (75,8 %) Kinder ein valides immundiagnostisches Testergebnis (25 per THT, 69 per IGRA). Bei allen vier positiv getesteten Kindern war die Thorax-Röntgen-Untersuchung negativ, und damit wurde bei 4,3 % der 94 Kinder mit validem Testergebnis zunächst eine LTBI festgestellt. Drei von ihnen erhielten eine präventive Behandlung und entwickelten keine TB; beim vierten Kind wurde im Anschluss an die Thorax-Röntgen-Untersuchung durch eine Magensaftuntersuchung eine TB festgestellt.

Die Testrate für eine *M. tuberculosis*-Infektion lag unabhängig von Herkunftsland und Geschlecht der Kontaktpersonen bei über 90 %. Sie war jedoch niedriger bei Kindern unter fünf Jahren (75,8 %), bei Exposition in einer Gemeinschaftsunterkunft (85,0 %) oder im Rahmen einer Patienten-/Pflegebetreuung (83,6 %, s. Tab. 3). Die höchsten Infektionsraten traten bei im Ausland geborenen Kontaktpersonen (26,2 %), bei Exposition in Gemeinschaftsunterkünften (30,1 %) oder im häuslichen/familiären Umfeld (22,7 %) auf. Der Anteil der LTBI-Kontaktpersonen, die eine präventive Behand-

Tab. 3 | Testabdeckung, *Yield* und Abdeckung präventiver Behandlung bei Kontaktpersonen von Indexpersonen mit aktiver Lungentuberkulose, ausgewählte Landkreise Oberbayerns^a, 2018–2022.

Merkmal	KP getestet auf <i>M. tuberculosis</i>			KP mit <i>M.-tuberculosis</i> -Infektion			KP mit latenter Tuberkulose und mit abgeschlossener präventiver Behandlung		
	n	Gesamt	%	n	Gesamt	%	n	Gesamt	%
Alle KP	2.022	2.186	92,5	308	2.022	15,2	66	234	28,2
Geburtsland der KP									
Deutschland	945	1.006	93,9	78	945	8,3	20	60	33,3
Außerhalb Deutschlands	793	863	91,9	208	793	26,2	41	162	25,3
Geschlecht der KP									
Männlich	1.077	1.181	91,2	187	1.077	17,4	39	136	28,7
Weiblich	944	1.004	94,0	121	947	12,8	27	98	27,6
Altersgruppe der KP									
0–4 Jahre	94	124	75,8	4	94	4,3	3	4	75,0
5–14 Jahre	107	112	95,5	15	107	14,0	9	13	69,2
15–49 Jahre	1.247	1.321	94,4	187	1.247	15,0	45	143	31,5
≥ 50 Jahre	574	629	91,3	102	574	17,8	9	74	12,2
Infektiosität der IP^b									
Niedrig	714	776	92,0	107	714	15,0	21	79	26,6
Mittel	784	845	92,8	121	784	15,4	31	98	31,6
Hoch	416	456	91,2	67	416	16,1	14	49	28,6
Expositions-dauer									
< 8 Stunden	262	290	90,3	22	262	8,4	2	14	14,3
8–40 Stunden	577	631	91,4	64	577	11,1	19	55	34,5
> 40 Stunden	1.117	1.198	93,2	207	1.117	18,5	45	156	28,8
Expositions-umfeld									
Gemeinschaftsunterkunft	209	246	85,0	63	209	30,1	12	45	26,7
Kita/Schule	172	183	94,0	11	172	6,4	4	10	40,0
Haushalt/Familie	541	582	93,0	123	541	22,7	34	93	36,6
Pflegeeinrichtung	148	177	83,6	19	148	12,8	2	9	22,2
Freizeitaktivitäten	263	288	91,3	35	263	13,3	6	29	20,7
Arbeit	685	706	97,0	57	685	8,3	8	48	16,7

IP = Indexperson; Kita = Kindertagesstätte; KP = Kontaktperson; *M. tuberculosis* = *Mycobacterium tuberculosis*

a Bad Tölz-Wolfratshausen, Berchtesgadener Land, Dachau, Ingolstadt, Landsberg am Lech, Mühldorf, Pfaffenhofen, Rosenheim, Starnberg und Weilheim-Schongau

b Die Infektiosität wurde als niedrig (Kultur und/oder PCR positiv) oder mittel/hoch (Mikroskopie positiv ohne/mit sichtbare/n Kavernen) kategorisiert.

lung abschlossen, war bei Exposition in einer Kindertageseinrichtung/Schule mit 40,0 % und im familiären Umfeld mit 36,6 % deutlich höher als bei Exposition am Arbeitsplatz (16,7 %). Bei im Ausland geborenen Kontaktpersonen mit LTBI lag dieser Anteil etwas niedriger (25,3 %) als bei in Deutschland geborenen Kontaktpersonen (33,3 %). Ausgeprägte altersabhängige Unterschiede bei den Abschlussraten einer präventiven Therapie zeigten sich zwischen Kindern und Jugendlichen unter

15 Jahren (12/17; 70,6 %) im Vergleich zu Personen im Alter zwischen 15 und 49 Jahren (31,5 %) bzw. mit ≥ 50 Jahren (12,2 %).

Von den zehn an TB erkrankten Kontaktpersonen waren sechs im Ausland geboren, sieben männlich, fünf im Alter zwischen 15–49 Jahren, fünf standen in Kontakt mit einer moderat und zwei mit einer hoch infektiösen Indexperson; sieben waren im häuslichen/familiären Umfeld exponiert.

Risikofaktoren für eine *M.-tuberculosis*-Infektion bei Kontaktpersonen

Mittels logistischer Regression, basierend auf den 1.570 Kontaktpersonen mit Angaben zu allen eingeschlossenen Kovariablen, zeigten sich als statistisch signifikante Prädiktoren für eine *M.-tuberculosis*-Infektion ausländische Herkunft, Exposition in Gemeinschaftsunterkünften oder im häuslich-familiären Umfeld (jeweils im Vergleich zur Exposition am Arbeitsplatz als zahlenmäßig größte Kategorie), Alter ≥ 50 Jahre, Expositions-dauer von > 40 Stunden sowie moderate oder hohe Infektiosität der Indexperson (s. Tab. 4). Das erhöhte Risiko bestand unabhängig von der Herkunft der Kontaktpersonen, abgesehen von der Exposition in Gemeinschaftsunterkünften, die nur bei im Ausland geborenen Kontaktpersonen mit einem erhöhten Infektionsrisiko assoziiert war.

In die Klassifikationsbaum-Analyse gingen alle 2.022 Kontaktpersonen mit verfügbaren Informationen über eine *M.-tuberculosis*-Infektion ein. Ausgehend von einer initialen Prävalenz von 15,2 % für eine *M.-tuberculosis*-Infektion stratifizierte der Klassifikationsbaum das Infektionsrisiko um den Faktor 5,5. So betrug die Prävalenz bei in Deutschland geborenen Kontaktpersonen 8,4 % [95 %-KI: 6,8; 10,3], während sie bei im Ausland geborenen Kontaktpersonen, die im häuslich-familiären Umfeld oder in einer Gemeinschaftsunterkunft exponiert waren und mindestens 50 Jahre alt waren, bei 46,2 % [35,5; 57,1] lag (s. Abb. 1).

Tab. 4 | Gegenseitig adjustierte Odds Ratios für eine Infektion mit *Mycobacterium tuberculosis* bei Kontaktpersonen von Indexpersonen mit offener Lungentuberkulose, ausgewählte Landkreise Oberbayerns^a, 2018–2022 (n=1.570).

Risikofaktor	Alle KP		KP geboren in Deutschland		KP geboren außerhalb Deutschlands	
	aOR	95 %-KI	aOR	95 %-KI	aOR	95 %-KI
KP geboren außerhalb Deutschlands (Referenz: geboren in Deutschland)	2,85	1,94–4,21	NA		NA	
KP weiblich (Referenz: männlich)	1,05	0,77–1,42	0,89	0,54–1,50	1,08	0,73–1,61
IP geboren außerhalb Deutschlands (Referenz: geboren in Deutschland)	1,20	0,76–1,91	1,25	0,70–2,25	1,55	0,58–4,95
Altersgruppe der KP (Referenz: 15–49 Jahre)						
0–4 Jahre	0,37	0,12–0,93	0,37	0,09–1,15	0,20	0,01–1,07
5–14 Jahre	0,78	0,41–1,41	0,74	0,28–1,78	0,77	0,31–1,74
≥ 50 Jahre	1,64	1,14–2,35	1,84	1,03–3,27	1,72	1,06–2,76
Expositions-dauer (Referenz: < 8 Stunden)						
8–40 Stunden	1,63	0,82–3,51	0,96	0,34–3,00	2,26	0,86–7,16
> 40 Stunden	2,34	1,23–4,87	2,77	1,16–7,93	2,31	0,92–7,09
Expositions-umfeld (Referenz: Arbeit)						
Gemeinschaftsunterkunft	2,65	1,65–4,30	0,37	0,00–3,14	2,87	1,62–5,24
Kita/Schule	0,69	0,32–1,40	1,16	0,34–3,40	0,47	0,16–1,21
Haushalt/Familie	2,62	1,74–4,00	2,46	1,26–4,86	2,79	1,59–5,04
Pflegeeinrichtung	0,85	0,26–2,22	0,75	0,19–2,31	0,85	0,04–5,70
Freizeitaktivitäten	1,39	0,78–2,44	1,02	0,36–2,59	1,85	0,86–3,92
Infektiosität der IP (Referenz: Niedrig)						
Mittel	1,78	1,27–2,51	1,45	0,81–2,64	1,94	1,26–3,00
Hoch	1,61	1,09–2,37	1,57	0,75–3,22	1,53	0,96–2,43

aOR = adjustierter Odds Ratio; IP = Indexperson; KI = Konfidenzintervall; Kita = Kindertagesstätte; KP = Kontaktperson; NA = nicht zutreffend

a Bad Tölz-Wolfratshausen, Berchtesgadener Land, Dachau, Ingolstadt, Landsberg am Lech, Mühldorf, Pfaffenhofen, Rosenheim, Starnberg und Weilheim-Schongau

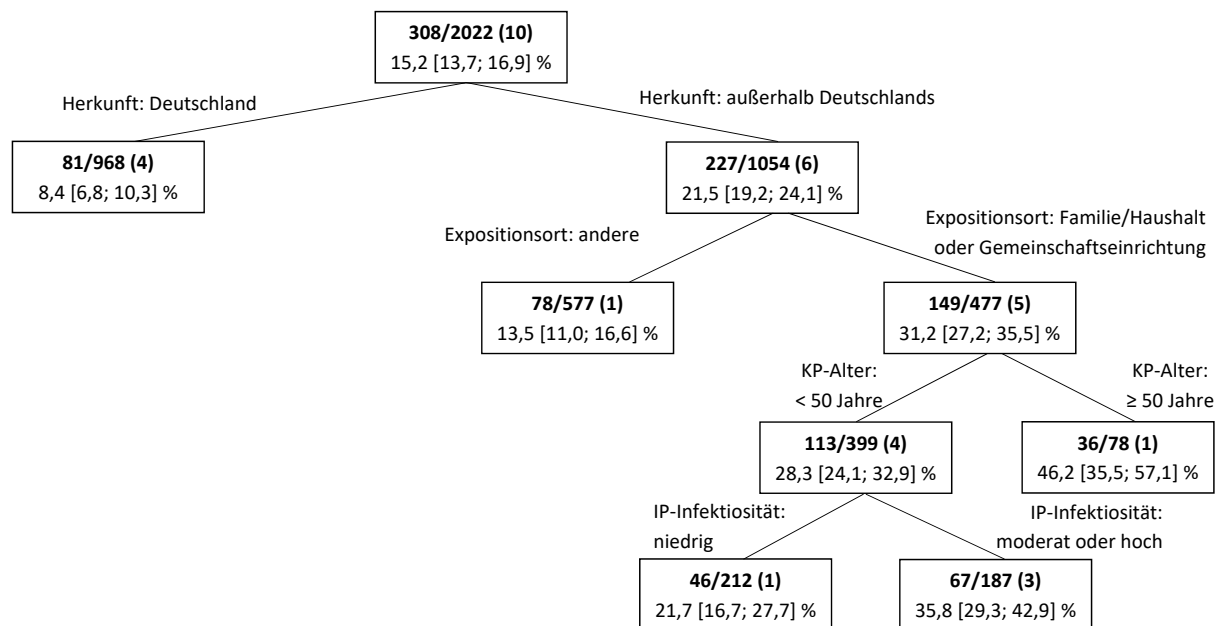


Abb. 1 | Klassifikationsbaum zur Prävalenz einer Infektion mit *Mycobacterium tuberculosis* bei Kontaktpersonen von Indexpersonen mit aktiver Lungentuberkulose, ausgewählte Landkreise Oberbayerns^a, 2018–2022 (n=2.022).

IP = Indexperson; KP = Kontaktperson

In jedem Knoten des Klassifikationsbaums ist hinter den Anteilen der infizierten Personen jeweils in Klammern die Anzahl der Kontaktpersonen mit aktiver Tuberkulose angegeben. Die Prozentangaben stellen Prävalenzen mit 95%-Binomial-Konfidenzintervallen dar. Fehlende Werte der Prädiktorvariablen wurden mithilfe von Surrogatvariablen imputiert.

^a Bad Tölz-Wolfratshausen, Berchtesgadener Land, Dachau, Ingolstadt, Landsberg am Lech, Mühldorf, Pfaffenhofen, Rosenheim, Starnberg und Weilheim-Schongau

Diskussion

Unsere Auswertung von Effizienzparametern der Tuberkulose-Umgebungsuntersuchung in zehn Landkreisen Oberbayerns zeigte, dass im Median 7,5 Kontakte pro Indexperson nachverfolgt wurden, von denen mehr als 90 % auf eine *M. tuberculosis*-Infektion untersucht wurden. Davon waren 15 % infiziert, und bei zehn Kontakten (0,5 % aller 2.022 untersuchten Kontaktpersonen) wurde initial oder im Verlauf eine aktive TB diagnostiziert. Weniger als 30 % der Kontaktpersonen mit LTBI erhielten eine präventive Behandlung.

Die mediane Anzahl untersuchter Kontakte pro Indexperson ist vergleichbar mit früheren deutschen Daten,¹⁰ lag jedoch höher als in anderen europäischen Niedriginzidenz-Ländern.^{17,18} Diese Diskrepanz könnte noch unterschätzt worden sein, da die Kontaktpersonen außerhalb des Zuständigkeitsbereichs der Gesundheitsämter in unserem Datensatz nicht enthalten waren. Dies weist auf eine inklusivere Umgebungsuntersuchungs-Strategie hin.

Mehr Inklusion bei der Umgebungsuntersuchung reduziert das Risiko Sekundärfälle zu übersehen, erhöht aber gleichzeitig die *Number Needed to Screen*. Die Anzahl der Kontaktpersonen pro Indexperson unterschied sich nicht signifikant in Abhängigkeit von Geschlecht, Herkunft oder Infektiosität. Indexpersonen im Alter von 15–49 Jahren hatten im Median mehr Kontaktpersonen als ältere Indexpersonen, mutmaßlich auf Grund höherer sozialer Aktivität.

Insgesamt war die Testrate mit 90 % hoch, in Gemeinschaftsunterkünften und im Pflegebereich jedoch merklich geringer. Bei 20,5 % der infizierten Kontakte fehlten Thorax-Röntgen-Befunde, um LTBI von aktiver Lungentuberkulose zu unterscheiden. Letzteres betraf überwiegend im Ausland geborene Kontaktpersonen. Die Ursachen hierfür sollten geklärt und adressiert werden. Bei Kindern unter fünf Jahren gab es deutliche Abweichungen von den nationalen Empfehlungen und Leitlinien⁵ hinsichtlich der empfohlenen Algorithmen für THT-/IGRA-

Testung, Thorax-Röntgen-Untersuchung und prophylaktischer Behandlung. Für fast ein Viertel der exponierten Kinder lag kein valides THT-/IGRA-Ergebnis vor, für über 80 % kein Ergebnis einer unverzüglich empfohlenen Thorax-Röntgen-Untersuchung. Ähnlich niedrige Raten bei den unverzüglichen Röntgenuntersuchungen wurden in der Schweiz beobachtet.¹⁹ Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass bei behandelnden Ärztinnen und Ärzten das Risiko einer raschen Progression noch in der präallergischen Phase bei sehr jungen Kindern nicht ausreichend bekannt ist.²⁰ Diese Annahme sollte weiter untersucht werden, um die Umsetzung der Umgebungsuntersuchungs-Empfehlungen in dieser besonders vulnerablen Altersgruppe zu verbessern. Auch die Rate der Prophylaxe war bei Kindern < 5 Jahre mit 72,7 % niedriger als erwartet, was in Einzelfällen dadurch zu erklären sein könnte, dass der Zeitpunkt der Umgebungsuntersuchung schon außerhalb des Zeitfensters für die Indikationsstellung einer prophylaktischen Behandlung lag, eine medizinische Kontraindikation bestand oder die Sorgeberechtigten bzgl. einer bis zu zweimonatigen Antibiotikaeinnahme zurückhaltend waren. Auch die vier Kinder, die im THT oder IGRA positiv getestet wurden, hatten zuvor keine Prophylaxe erhalten. Die drei Kinder, bei denen eine aktive Tuberkulose ausgeschlossen werden konnte, wurden präventiv behandelt.

Die beobachtete Nachweisrate von 15,2 % für *M. tuberculosis*-Infektionen stimmt mit den Beobachtungen aus vorherigen Erhebungen aus Deutschland und einigen anderen Niedriginzidenz-Ländern^{7,9,10,18,21,22} überein, liegt jedoch deutlich unter der Rate von 28,6 % aus einem systematischen Review für einkommensstarke Niedriginzidenz-Länder.²³ Dies könnte auf Unterschiede bei den Hintergrundprävalenzen, den unterschiedlichen Auswahlkriterien für enge Kontaktpersonen, der Diagnostik oder den Nachbeobachtungszeiten zurückzuführen sein. Insbesondere könnte eine Rolle spielen, dass in manchen Ländern historisch häufiger der THT angewandt wurde, der im Vergleich zum IGRA eine höhere Falsch-Positiv-Rate aufweist. Auch die Nachweisrate von aktiver TB lag mit 0,5 % unter den Werten anderer Studien aus Niedriginzidenz-Ländern (1,9 %),²³ z. B. aus London (1,8 %),¹⁷ den Nieder-

landen (0,7 %)¹⁸ oder der norditalienischen Metropolregion Turin (0,7 %).²⁴

Risikofaktoren einer *M. tuberculosis*-Infektion waren, wie in früheren deutschen Studien und in anderen Niedriginzidenz-Ländern, ausländische Herkunft, höheres Alter sowie die Infektiosität der Indexperson, das Zusammenleben bzw. die Haushaltsgemeinschaft mit der Indexperson und eine längere Expositionszeit.^{7,10,24–27} Ein relevanter Anteil der LTBI-Fälle unter den im Ausland geborenen Kontaktpersonen könnte auch auf eine frühere Exposition und Infektion im Herkunftsland bzw. außerhalb Deutschlands zurückzuführen sein.²⁸ Ebenso bestätigt sich in unseren Ergebnissen die in früheren Studien^{7,10,25} beobachtete höhere Infektionsrate bei älteren Kontaktpersonen, die i. d. R. durch eine höhere Lebenszeitexposition bedingt ist.

In unserer Klassifikationsbaum-Analyse verdoppelte sich bei Berücksichtigung der Faktoren Herkunft der Kontaktperson und Expositionsort die Nachweisrate von Infektionen (31,2 % vs. 15,2 %). Mit fast 50 % trat der höchste Anteil an *M. tuberculosis*-Infektionen bei im Ausland geborenen Kontaktpersonen auf, die im Haushalt, in der Familie oder in einer Gemeinschaftsunterkunft exponiert und mindestens 50 Jahre alt waren. Diese Subgruppen machten jedoch insgesamt nur etwa die Hälfte (149 von 308) bzw. 10 % (36 von 308) aller infizierten Kontakte aus. Diese Ergebnisse geben einen Hinweis darauf, wie durch die Priorisierung von Subgruppen eine Effizienzsteigerung bei Umgebungsuntersuchungen in vergleichbaren Settings erzielt werden könnte, insbesondere wenn die Kapazitäten zur Umgebungsuntersuchung begrenzt sind (z. B. unter Pandemiebedingungen), und liefern eine Abschätzung, wie viele Infektionsfälle bei der Fokussierung auf bestimmte Subgruppen möglicherweise übersehen würden.

Die Rate präventiv behandelter Kontaktpersonen mit LTBI war in unserer Studie mit 28 % bemerkenswert niedrig. Die Ursachen sollten sowohl auf Betroffenen- als auch auf Versorgerseite in zukünftigen Studien untersucht werden. Die Rate an präventiven Behandlungen variierte mit dem Alter und war bei Kindern und Jugendlichen am höchsten (70,6 %), bei Erwachsenen $\geq$ 50 Jahre hingegen be-

sonders niedrig (12,2 %). Letzteres spiegelt die nationalen Empfehlungen bis 2023 wider, die in dieser Altersgruppe das damals priorisierte Isoniazid-basierte Therapieregime wegen potenzieller unerwünschter Wirkungen nur restriktiv vorsah.⁵ Auf Grund neuer Sicherheitsdaten zu Rifampicin-basierten Regimen wurden jedoch zwischenzeitlich die Behandlungsempfehlungen älterer Erwachsener ausgeweitet.²⁹ Zukünftige Studien könnten evaluieren, wie sich diese Empfehlungsanpassung auswirkt. Die präventiven Behandlungsraten waren auch bei im Ausland geborenen Kontaktpersonen niedriger als bei in Deutschland geborenen Kontaktpersonen. Bei Kontaktpersonen aus Hochinzidenz-Ländern²⁷ sowie bei älteren Kontaktpersonen kann ein positiver IGRA-Test statt auf eine kürzlich erworbene Infektion auch auf eine lange zurückliegende Infektion mit geringem Progressionsrisiko³⁰ hinweisen. Dies kann die Nutzen-Risiko-Bewertung des behandelnden Arztes oder der Ärztin beeinflussen. Da neu erworbene und bereits länger existierende LTBI-Erkrankungen mit den vorhandenen Testmethoden nicht unterscheidbar sind und auch koexistieren können, empfehlen die nationalen Leitlinien eine präventive Behandlung für alle kürzlich exponierten Personen mit LTBI-Diagnose, selbst wenn die Möglichkeit besteht, dass die LTBI bereits früher erworben wurde.²⁹ Die Anwendung eines Risiko-Scores wie von Saunders *et al.*,³¹ könnte hier helfen Kontaktpersonen mit LTBI auszuwählen, die von einer präventiven Behandlung besonders profitieren, und gleichzeitig die Zahl der zu Behandelnden zu minimieren.³² Die Präventionsrate war mit 16,7 % besonders niedrig bei am Arbeitsplatz exponierten Kontaktpersonen. Eine engere Einbindung arbeitsmedizinischer Stellen bei der Beratung und Versorgung von Kontaktpersonen mit LTBI könnte hier zu Verbesserungen führen. Interessanterweise war die Rate bei Kontakten hochinfektiöser Indexpersonen höher, was darauf hindeutet, dass die Behandlungsakzeptanz nach Kontakt zu einer schwerer erkrankten Indexperson höher ausfällt und das Progressionsrisiko deutlicher wahrgenommen wird. Insgesamt ist die Erkennung und Beseitigung der Ursachen für die niedrige Rate der präventiven Behandlung entscheidend, um möglichst viele Fälle einer Progression von LTBI zu aktiver TB zu verhindern.

Limitationen

Detaillierte Angaben zu Kontaktpersonen, die außerhalb des Landkreises der Indexperson wohnen, lagen uns nicht vor. Die hierzu verfügbaren Daten legen nahe, dass wir die Anzahl der Kontaktpersonen pro Indexperson im Median um vier Kontakte unterschätzten. Da die fehlenden Kontakte überwiegend Nicht-Haushaltskontakte waren, haben wir die Nachweisrate der *M.-tuberculosis*-Infektionen unter den Kontaktpersonen möglicherweise überschätzt.

Nicht alle dem LGL gemeldeten Fälle wurden in die Studie eingeschlossen. Neben unvollständigen Meldungen könnte dies darauf zurückzuführen sein, dass einige Indexpersonen keine engen Kontakte berichteten, da Indexpersonen nur dann in die Studie aufgenommen wurden, wenn sie mindestens einen zugeordneten engen Kontakt hatten, der auch vom selben Gesundheitsamt nachverfolgt wurde.

Fazit

Die TB-Umgebungsuntersuchungen in Oberbayern sind durch eine hohe Screening-Abdeckung der Kontakte sowie durch eine *M.-tuberculosis*-Infektionsrate und beobachtete Risikofaktoren gekennzeichnet, die mit anderen Niedriginzidenz-Ländern weitgehend vergleichbar sind. Es zeigten sich jedoch Lücken bei der Umsetzung geltender Empfehlungen hinsichtlich der präventiven Behandlung bei LTBI und beim Vorgehen bei Kindern unter fünf Jahren, deren Ursachen in zukünftigen Forschungsarbeiten untersucht werden sollten. Unsere Ergebnisse können als Grundlage für gezielte Maßnahmen dienen, wie Aufklärungs- und Fortbildungsprogramme für Gesundheitsdienstleister, z. B. die Integration der Richtlinien für Umgebungsuntersuchungen in Fortbildungscurricula. Idealerweise sollten aussagekräftige Informationen zu Umgebungsuntersuchungen und der damit verbundenen Versorgungskaskade lokal systematisch und standardisiert dokumentiert werden. Die Übermittlung aggregierter Informationen zu TB-Kontakten in das nationale System zur Infektions-Surveillance würde dann eine kontinuierliche und umfassende Überwachung und Bewertung der relevanten Kennzahlen ermöglichen.

Literatur

- 1 Sutherland I. Recent studies in the epidemiology of tuberculosis, based on the risk of being infected with tubercle bacilli. *Adv Tuberc Res.* 1976;19:1–63.
- 2 Comstock GW, Livesay VT, Woolpert SF. The prognosis of a positive tuberculin reaction in childhood and adolescence. *Am J Epidemiol.* 1974;99(2):131–8.
- 3 Brodhun B, Altmann D, Hauer B, Kröger S, Haas W, Bös L, *et al.* Bericht zur Epidemiologie der Tuberkulose in Deutschland für 2024. Berlin; 2025.
- 4 European Centre for Disease Prevention and Control. Programmatic management of latent tuberculosis infection in the European Union. ECDC, Stockholm; 2018.
- 5 Diel R, Loytved G, Nienhaus A, Castell S, Detjen A, Geerdes-Fenge H, *et al.* Neue Empfehlungen für die Umgebungsuntersuchungen bei Tuberkulose. Deutsches Zentralkomitee zur Bekämpfung der Tuberkulose. *Pneumologie.* 2011;65(6):359–78.
- 6 Erkens CG, Kamphorst M, Abubakar I, Bothamley GH, Chemtob D, Haas W, *et al.* Tuberculosis contact investigation in low prevalence countries: a European consensus. *Eur Respir J.* 2010;36(4):925–49.
- 7 Diel R, Loddenkemper R, Meywald-Walter K, Niemann S, Nienhaus A. Predictive value of a whole blood IFN-gamma assay for the development of active tuberculosis disease after recent infection with *Mycobacterium tuberculosis*. *Am J Respir Crit Care Med.* 2008;177(10):1164–70.
- 8 Herzmann C, Sotgiu G, Bellinger O, Diel R, Gerdes S, Goetsch U, *et al.* Risk for latent and active tuberculosis in Germany. *Infection.* 2017;45(3):283–90.
- 9 Scharlach M, Brakensiek K. Tuberkulose-Umgebungsuntersuchungen: Acht Jahre Erfahrung mit dem QuantiFERON-TB(R)Gold In-Tube in Niedersachsen. *Gesundheitswesen.* 2017;79(4):273–8.
- 10 Dwenger LV, Funke N, Stephany P, Suarez I, Wiesmüller GA, Neuhaus F. Latente Tuberkulose unter Kontaktpersonen inzidenter Tuberkulosepatienten: Häufigkeit und Risikofaktoren in Köln 2012–2016. *Pneumologie.* 2021;75(8):567–76.
- 11 Feiterna-Sperling C, Brinkmann F, Adamczick C, Ahrens F, Barker M, Berger C, *et al.* S2k-Leitlinie zur Diagnostik, Prävention und Therapie der Tuberkulose im Kindes- und Jugendalter. *Pneumologie.* 2017;71(10):629–80.
- 12 Schaberg T, Bauer T, Brinkmann F, Diel R, Feiterna-Sperling C, Haas W, *et al.* S2k-Leitlinie: Tuberkulose im Erwachsenenalter – Eine Leitlinie zur Diagnostik und Therapie, einschließlich Chemoprävention und -prophylaxe des Deutschen Zentralkomitees zur Bekämpfung der Tuberkulose e.V. im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V. *Pneumologie.* 2017;71(6):325–97.
- 13 Robert-Koch-Institut. Falldefinitionen des Robert-Koch-Instituts zur Übermittlung von Erkrankungs- oder Todesfällen und Nachweisen von Krankheitserregern. 2023.
- 14 Therneau TM, Atkinson EJ. An introduction to recursive partitioning using the RPART routine. Mayo Clinic, Section of Statistics; 1997.
- 15 Lausen B, Sauerbrei W, Schumacher M. Classification and regression trees (CART) used for the exploration of prognostic factors measured on different scales. In: Dirschedl P, Ostermann R, editors. *Computational Statistics.* Heidelberg: Physica; 1994. p. 483–97.
- 16 Beyerlein A, Kusian D, Ziegler AG, Schaffrath-Rosario A, von Kries R. Classification tree analyses reveal limited potential for early targeted prevention against childhood overweight. *Obesity (Silver Spring).* 2014;22(2):512–7.
- 17 Cavany SM, Sumner T, Vynnycky E, Flach C, White RG, Thomas HL, *et al.* An evaluation of tuberculosis contact investigations against national standards. *Thorax.* 2017;72(8):736–45.
- 18 van de Berg S, Erkens C, Mulder C. Tuberculosis contact investigation following the stone-in-the-pond principle in the Netherlands – Did adjusted guidelines improve efficiency? *Euro Surveill.* 2021;26(45).
- 19 Gasser N, Fritschi N, Egger JM, Ritz N, Schoch OD, Zellweger JP. Tuberculosis Case Detection and Guideline Adherence among Child Contacts in Switzerland: A Retrospective Observational Study. *Respiration.* 2023;102(11):934–43.
- 20 Diel R, Breuer C, Bos L, Geerdes-Fenge H, Gunther A, Hacker B, *et al.* Empfehlungen für die Umgebungsuntersuchungen bei Tuberkulose – Update 2023. *Pneumologie.* 2023;77(9):607–31.
- 21 Mulder AC, Slump E, de Vries G. [Evaluation of source tracing and contact investigation for tuberculosis patients in the Netherlands, 2017–2021]. *Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu;* 2023.

- 22 Ogata T, Nagasu N, Uehara R, Ito K. Association of Low Sputum Smear Positivity among Tuberculosis Patients with Interferon-Gamma Release Assay Outcomes of Close Contacts in Japan. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(19).
- 23 Velen K, Shingde RV, Ho J, Fox GJ. The effectiveness of contact investigation among contacts of tuberculosis patients: a systematic review and meta-analysis. *Eur Respir J*. 2021;58(6).
- 24 Borraccino A, Migliore E, Piccioni P, Baussano I, Carosso A, Bugiani M. Yield of tuberculosis contact investigation in a low-incidence country. *J Infect*. 2014;68(5):448–54.
- 25 Altet N, Dominguez J, Souza-Galvao ML, Jimenez-Fuentes MA, Mila C, Solsona J, *et al*. Predicting the Development of Tuberculosis with the Tuberculin Skin Test and QuantiFERON Testing. *Ann Am Thorac Soc*. 2015;12(5):680–8.
- 26 Sloot R, Schim van der Loeff MF, Kouw PM, Borgdorff MW. Yield of tuberculosis contact investigations in Amsterdam: opportunities for improvement. *Eur Respir J*. 2014;44(3):714–24.
- 27 Zellweger JP, Sotgiu G, Block M, Dore S, Altet N, Blunschi R, *et al*. Risk Assessment of Tuberculosis in Contacts by IFN-gamma Release Assays. A Tuberculosis Network European Trials Group Study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015;191(10):1176–84.
- 28 Korthals Altes H, Kloet S, Cobelens F, Bootsma M. Latent tuberculosis infection in foreign-born communities: Import vs. transmission in The Netherlands derived through mathematical modelling. *PLoS One*. 2018;13(2):e0192282.
- 29 Schaberg T, Brinkmann F, Feiterna-Sperling C, Geerdes-Fenge H, Hartmann P, Häcker B, *et al*. Tuberkulose im Erwachsenenalter – Eine S2k-Leitlinie zur Diagnostik und Therapie, Chemoprävention und Chemoprophylaxe der Tuberkulose im Erwachsenenalter des Deutschen Zentralkomitees zur Bekämpfung der Tuberkulose e.V. (DZK) und der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V. (DGP). *Pneumologie*. 2022;76(11):727–819.
- 30 Gupta RK, Calderwood CJ, Yavlinsky A, Krutikov M, Quartagno M, Aichelburg MC, *et al*. Discovery and validation of a personalized risk predictor for incident tuberculosis in low transmission settings. *Nat Med*. 2020;26(12):1941–9.

- 31 Saunders MJ, Wingfield T, Tovar MA, Baldwin MR, Datta S, Zevallos K, *et al*. A score to predict and stratify risk of tuberculosis in adult contacts of tuberculosis index cases: a prospective derivation and external validation cohort study. *Lancet Infect Dis*. 2017;17(11):1190–9.
- 32 Zellweger JP. Is the EU model for contact investigation applicable to high TB burden settings? *Int J Infect Dis*. 2020;92s:S55–s9.

Autoren

^{a)} Sarah van de Berg* | ^{a)} Andreas Beyerlein* |

^{b)} Johannes Stephani | ^{c)} Beatrix Bäumler-Merl |

^{c)} Manuela Jäger | ^{d)} Dagmar Königer | ^{e)} Ruprecht Schmidt-Ott

^{a)} Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, Oberschleißheim

^{a)} Landratsamt Rosenheim, Staatliches Gesundheitsamt, Rosenheim

^{c)} Landratsamt Starnberg, Gesundheitsamt, Starnberg

^{d)} Landratsamt Dachau, Gesundheitsamt, Dachau

^{e)} Regierung von Oberbayern, München

* geteilte Erstautorenschaft

Korrespondenz

ruprecht.schmidt-ott@reg-ob.bayern.de

Autorenbeiträge

RSO konzipierte die Studie. JS und RSO entwickelten die MS-Excel-Vorlage zur Datenerhebung. RSO stellte die Daten zusammen und verfasste gemeinsam mit SvdB und AB den ersten sowie den endgültigen Manuskriptentwurf. AB und SvdB analysierten die Daten und erstellten Tabellen und Abbildungen. JS, BBM, MJ und DK waren an der Bereitstellung der Daten beteiligt und wirkten an der Durchsicht und Überarbeitung des Manuskripts mit. Alle Autorinnen und Autoren genehmigten die zur Publikation eingereichte Endfassung.

Interessenkonflikt

Es bestehen keine Interessenkonflikte. Förderhinweis: Nicht zutreffend.

Ethische Erklärung

Die Zustimmung einer Ethikkommission oder eine Einwilligung der Patientinnen und Patienten war nicht erforderlich, da es sich um die Analyse anonymisierter Daten handelt, die ursprünglich zu einem anderen Zweck erhoben wurden.

Vorgeschlagene Zitierweise

van de Berg S, Beyerlein A, Stephani J, Bäumler-Merl B, Jäger M, Königer D, Schmidt-Ott R: Tuberkulose-Umgebungsuntersuchungen in Oberbayern im Zeitraum 2018 bis 2022: Ergebnisse einer retrospektiven Beobachtungsstudie

Epid Bull 2026;12:7-20 | DOI 10.25646/13842

Dieser Artikel ist in englischer Form im Journal Eurosurveillance erschienen: Euro Surveill. 2025 Oct;30(39):2500096

Danksagung

Wir danken Sondes Aloui, Magdalena Altrichter, Juliane Kohn, Elisabeth Einmüller, Cornelia Erat, Andrea Frey, Marianne Forstner, Cecilia Gassner, Astrid Grundbrecher, Stefan Günther, Julia Kampf, Kinga Kania-Zall, Maria-Grazia Kess, Juliane Kohn, Brigitte Just, Maria Pickal, Katharina Stefan, Melanie Schmitt, Julia Trempetic und Lucas Velleuer für die Erhebung und Bereitstellung der Daten zu Indexpersonen und engen Kontaktpersonen.

Open access



[Creative Commons Namensnennung 4.0 International](#)