

# Technische Schutzmassnahmen

(Münchenwiler Symposium 2008; M. Rügger)

---

## 1. Einleitung

Sehr verehrte Kolleginnen und Kollegen, meine Damen und Herren, wir kommen nun zum letzten Referat dieses Vormittags. Ziel meiner Ausführungen ist es, Ihnen einige wesentliche technische Möglichkeiten zur Verhütung der Tuberkulose in Einrichtungen des Gesundheitswesens vorzustellen. Nach gründlicher Sichtung der Literatur möchte ich Ihnen in meinen Ausführungen einige wesentlichen Aspekte zum Thema zusammenfassen. Dabei muss ich Ihnen aber gestehen, dass ich Mediziner, aber weder Arbeitshygieniker noch Sicherheitsfachmann oder gar Lüftungsspezialist bin. Meine Ausführungen beruhen deshalb auf theoretischen Erkenntnissen und nicht auf praktischen Alltagserfahrungen.

Die Punkte, die ich mit Ihnen näher ansehen möchte, sind die folgenden: 1. Die Hierarchie der Schutzmassnahmen. 2. Lüftungstechnische Massnahmen, 3. Die UV-C Luftentkeimung, 4. persönliche Schutzmassnahmen, 5. Die Risikobeurteilung als Basis der zu treffenden Massnahmen und schliesslich als sechsten Punkt werde ich noch kurz einige Schlussfolgerungen ziehen.

## 2. Hierarchie der Schutzmassnahmen

Sowohl in der Arbeitshygiene als auch in der Arbeitssicherheit besteht in Bezug auf Schutzmassnahmen eine klare Hierarchie. An oberster Stelle steht die Substitution des gefährlichen Agens. Im Falle der Tbc spielt dies allerdings nicht. Es folgt deshalb die zweite Stufe, nämlich das Ergreifen technischer Schutzmassnahmen, gefolgt von organisatorischen Massnahmen. Erst an letzter Stelle folgen persönliche Schutzmassnahmen. Zusammengefasst ergibt sich damit das Kürzel STOP. Dass Tuberkulosepatienten in einem Einer- oder Isolierzimmer untergebracht werden, ist sinnvoll und überall üblich. Es ist dies jedoch eine typische organisatorische Massnahme. Ich werde deshalb im Folgenden nicht darauf eingehen.

## 3. Lüftungstechnische Massnahmen

Hingegen stellen Lüftungstechnische Massnahmen klar solche technischer Art dar. Diesbezüglich haben der Schweiz. Verein der Wärme- und Klimaingenieure in der Richtlinie 99/3 eine Klassierung der Spitalräume in Bezug auf ihre Lüftungsanforderungen vorgenommen. Diese Richtlinie wird zur Zeit in eine Euronorm übergeführt, so dass aktuell nur eine provisorische Neuversion vorliegt. Sie unterscheidet zwischen Räumen mit erhöhten hygienischen Anforderungen zum einen und hygienisch relevanten Räumen zum anderen. Zur ersten Kategorie zählen Isolierzimmer, aber auch Bronchoskopierräume und spezielle Räume für die Durchführung von Inhalationen. In dieser ersten Raumkategorie braucht es zwingend eine technische Raumlüftung. Ist sie mit der allgemeinen Spitallüftung gekoppelt, so muss die Abluft vor der Rückführung ins System des Hauses zwingend über eine HEPA Filter geleitet werden. Im Raum muss ein Unterdruck herrschen, damit ein

Entweichen von kontaminierter Luft in die umgebenden Räume verhindert werden kann. Der Luftwechsel sollte das zwölfwache des Rauminhaltes pro Stunde betragen – man spricht von einem zwölfwachen Luftwechsel, bzw. einer Luftwechselrate von 12 oder 500m<sup>3</sup>/h, je nachdem welcher Wert der grössere ist. Gefordert wird üblicherweise auch eine Schleuse vor der Zimmertüre. Die Anforderungen für die nächsttiefere Kategorie, die hygienisch relevanten Räume, sind deutlich geringer. Es werden hier lediglich 36 m<sup>3</sup> Zuluft pro Stunde gefordert, wobei es sich um solche von „excellent quality“ handeln muss.

HEPA Filter sind solche, die 99,7% aller luftgetragenen Partikel von > 3 µm Grösse zurückhalten können. HEPA Filter gibt es in verschiedenen Klassen Sie bestehen aus einem dichten Papierfaservlies, das handharmonikaartig aufgefaltet und - eingebaut in einen Rahmen - in die Lüftungskanäle montiert wird.

Der Unterdruck ist dauernd zu überwachen, was elektronisch rel. einfach möglich ist. Alternativ können auch sogenannte Rauchröhrchen eingesetzt werden. Mit ihnen lässt sich ein ganz feiner, subtil zu dosierender Schwebrauch erzeugen, welcher den kleinsten Luftströmungen folgt und so anzeigt, ob beispielsweise Luft unter einem Türspalt hindurch ins Zimmer hinein- oder aus diesem herausströmt. Auch die Luftbewegungen im Raum selbst lassen sich mit Rauchröhrchen sehr schön nachverfolgen.

Neben der technischen Raumlüftung an sich ist auch die Luftführung im Raum von Bedeutung. So soll die frisch herangeführte Luft zuerst am Personal und erst dann am Patienten vorbei strömen bevor sie wieder abgesaugt wird.

Wenn die fest installierte technische Raumlüftung zu wenig leistungsfähig ist, können zusätzliche mobile Geräte zum Einsatz kommen. Sie saugen die Luft ein, leiten sie über HEPA Filter und lassen sie wieder in den Raum zurückströmen. Es handelt sich somit um Umluft. Derartige Geräte sind sehr leistungsfähig, können aber wegen des Platzbedarfes, des Lärms und allfälligen Zuglufterscheinungen auch Probleme bereiten.

Beispielsweise hat die technische Fachhochschule Luzern eine Diplomarbeit erstellen lassen, in welcher mehrere Umluftgeräte für den Spitalbereich untersucht worden sind. Es zeigte sich, dass diese, zwei davon sind hier abgebildet, in der Lage sind, 99% eines Testpartikelaerosols innerhalb von 25-30 Minuten zu eliminieren. Dennoch stellt sich die Frage, ob eine technische Raumlüftung die Tb-Übertragung auf Personal und Mitpatienten nachweisbar vermindern kann. Dazu möchte ich kurz auf eine Studie von Menzies und Mitarbeitern hinweisen. Sie haben knapp 1300 Medizinalpersonen aus 17 verschiedenen kanadischen Spitälern mittels Mantoux Testungen untersucht. Alle Probanden hatten mindestens an 2 Tagen pro Woche Patientenkontakte und in allen Häusern wurden pro Jahr deutlich mehr als 6 Tuberkulosepatienten behandelt. Die Studie zeigte, dass diejenigen Medizinalpersonen, die in Räumen mit einer Luftwechselrate von unter 2 arbeiteten, im Vergleich zu denjenigen aus Räumen mit einer Luftwechselrate > 2 im Schnitt 3,4x häufiger Mantoux positiv wurden, wobei sich unter den einzelnen Berufsgruppen zusätzliche Unterschiede ergaben. Kein Unterschied fand sich hingegen zwischen Personen, die in Isolierzimmer mit Luftwechselraten unter oder über 6 beschäftigt waren.

Eine bemerkenswerte kürzlich publizierte Studie aus Südamerika hat ebenfalls ein interessantes Resultat ergeben. Escombe und Mitarbeiter verglichen insgesamt 70 Spitalzimmer verschiedener Krankenhäuser der Stadt Lima. Zum einen waren es solche, die vor 1950 erstellt worden waren, die hohe Zimmer mit grossen undichten Fenstern und Türen aufwiesen und zum anderen kleinere aus Krankenhäusern, die nach 1970 entstanden sind, die aber ebenfalls über keine technische Raumlüftung

verfügten. 12 dieser neueren Zimmer waren nachträglich als eigentliche Isolierzimmer gem. Stand der Technik nachgerüstet worden. Mittels CO<sub>2</sub> Tracer Technik wurden die Lüftungsraten dieser verschiedene Zimmer untersucht und es wurde festgestellt, dass in den alten undichten Zimmern ein stündlicher Luftaustausch von 40, in den neueren, kleineren ein solcher von 17 und in den neuen nachgerüsteten gem. Vorgabe ein solcher von 12 bestand. Es wurde im Weiteren mittels der sog. Wells-Riley Gleichung die Wahrscheinlichkeit berechnet, mit welcher sich eine Person bei einem gemeinsamen 24 stündigen Aufenthalt mit einem Tb Patienten in einem solchen Zimmer mit Tbc infizieren könnte. Wie Sie sehen, schnitten dabei die alten Zimmer am besten ab. Ich denke allerdings, dass die Ergebnisse dieser Studie kritisch hinterfragt werden müssen, weil damit zu rechnen ist, dass nicht alle Abluft aus den alten Zimmern ins Freie, sondern sicher auch in andere Spitalräume gelangt sein dürfte.

#### **4. UV-C Luftentkeimung**

Ich komme damit zum nächsten Punkt meiner Ausführungen, zum Thema der Raumlufsentkeimung mittels UV-C Licht. Es ist schon seit rund 60 Jahren bekannt, dass UV-C Licht verschiedenste Krankheitskeime abtöten oder zumindest inaktivieren kann. Verwendet wird dazu Licht der Wellenlänge 254 nm, das mit Quecksilberdampflampen erzeugt werden kann. Die Wirkung dieses kurzwelligen UV Lichtes hängt von der Dosis-Wirkungszeit ab, wobei in mcW/cm<sup>2</sup> gerechnet wird. Ein weiterer wichtiger Faktor stellt die relative Luftfeuchtigkeit dar, die optimalerweise bei 50% liegt, allerdings einen breiten Range aufweist. Ebenfalls wichtig ist auch, dass die zu entkeimende Raumlufte ständig gut durchmischt wird.

Technisch stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung, nämlich die Deckenbestrahlung, d.h. die Einwirkung der UV-Strahlen auf die obersten 30-40 cm des Raumes und der Einsatz mobiler Geräte. Die heutigen Lampen sind so konstruiert, dass Personal und Patienten abgeschirmt sind Auch Ozon ist bei der genannten Wellenlänge von 254 nm praktisch kein Thema.

In breit angelegten Versuchen im Auftrag des CDC und des NIOSH haben Shelly Miller und Mitarbeiter die entkeimende Wirkung von UV-C Licht erneut belegt. Ihre über 60 seitige Publikation aus dem Jahre 2002 zeigt unter anderem, dass in einem Testraum von 87m<sup>3</sup> Grösse mit 5 Lampen von total 216 W Leistung, in welchen kontinuierlich Testkeime aerosolisiert worden waren, deren 91-97% eliminiert werden. Ein ähnliches Resultat fanden Ko und Mitarbeiter. In ihrer Versuchsanordnung mit kleinerem Testraum, gut der Hälfte der Lampenleistung jedoch einem gleichzeitigen 6fachen Raumluftechsel wurden immerhin noch knapp 2/3 der Keime abgetötet. Man darf also eindeutig feststellen, dass die Luftentkeimung mit UV-C Licht – zusammen mit HEPA Filtern - eine valable Ergänzung zur technischen Raumlüftung darstellt.

Selbstverständlich ist die Anwendung von UV-C Licht auch mit Nachteilen verbunden Es sind dies die begrenzte Lebensdauer der Lampen von ca. 1 Jahr, ihre anschliessende Entsorgung als Sondermüll, die Notwendigkeit, die Lampen periodisch zu reinigen und zu kontrollieren, da jede Staubschicht die Wirksamkeit beeinträchtigt. Bezüglich einer möglichen Ozonbildung besteht wie erwähnt kein nennenswertes Risiko, da die gewählte Wellenlänge kaum zur Bildung dieses reaktiven Moleküls führt, und auch eine übermässige Bestrahlung von Patienten und Personal ist kaum zu befürchten, sofern die Lampen korrekt installiert worden sind.

## 5. Persönliche Schutzmassnahmen

Zu den persönlichen Schutzmassnahmen gehört das Tragen von Atemschutzmasken. Da in Isolierräumen trotz der erwähnten technischen Massnahmen mit dem Verbleib von infektiösen Tröpfchenkernen zu rechnen ist, wird für das Betreten von Isolierzimmern das Tragen einer Maske, genauer einer Feinstaubmaske, empfohlen. Zum einen eignen sich Feinstaubmasken von ihren Eigenschaften her und zum anderen weisen Mykobakterien sowie die infektiösen Tröpfchenkerne genau die Grösse auf, welche durch Feinstaubmasken zurückgehalten werden können. Selbstverständlich gilt diese Tragpflicht auch für Besucher von Isolierzimmern.

In Europa kennen wir auf Grund der aktuellen Norm 149/2001 drei Feinstaubmaskentypen mit drei unterschiedlichen Rückhalte- bzw. Leckagegraden. Üblicherweise wird für die Verwendung im Isolierzimmer eine Maske vom Typ P2 empfohlen, bei Patienten mit multiresistenten Keimen eine vom Typ 3. Im amerikanischen Schrifttum werden demgegenüber gem. der dort gültigen Norm N95 Masken empfohlen, deren Gesamtleckage im Vgl. zu einer P2 Maske etwas geringer ist.

Beim Tragen einer Feinstaubmaske ist zu berücksichtigen, dass die Problemzone der Nasolabialbereich darstellt. Hier kommt es erfahrungsgemäss zur grössten Leckage. Im US amerikanischen Schrifttum wird deshalb empfohlen, dass man den Benützern verschiedene Modelle zur Auswahl zur Verfügung stellen soll, damit sie das für sie am besten passende verwenden können. Auch wird eine gründliche einführende Schulung über Sinn und Zweck und über die korrekte Maskenhandhabung empfohlen. Schliesslich sollen die Anwender nach jedem Anziehen der Maske einen kurzen Dichte Check durchführen, d.h. die Maske mit der flachen Hand möglichst umfassend abdecken, kurz einatmen und prüfen, ob die Maske leicht gegen das Gesicht gezogen wird. Wichtig scheint mir auch darauf hinzuweisen, dass eine Maske durchaus mehrmals getragen werden kann, sofern sie sauber aufbewahrt wird. Es gibt nämlich keine Hinweise dafür, dass sich infektiöse Tröpfchenkerne aus der Maske, ja überhaupt von Oberflächen, wieder lösen und aerogen eine neue Infektion verursachen können.

An weiteren persönlichen Schutzmitteln wird allgemein das Tragen eines Schutzkittels empfohlen, auch für Besucher. Dem Patienten ist nahe zu legen, dass er beim Husten, Niessen, Schneuzen etc. immer ein Papiertaschentuch verwenden soll, da bei diesen Manövern mit Abstand die grösste Menge von droplet nuclei in die Luft abgegeben wird. Eine Maske soll er dagegen nur beim Verlassen des Zimmers tragen, wobei eine normale Hygienemaske genügt, weil die obengenannten Manöver dazu führen, dass die Maske durch den starken Atemstoss vom Gesicht abgehoben wird, so dass die Filterwirkung, v.a. für feinere Tröpfchen, entfällt.

Die Wirksamkeit von Feinstaubmasken ist selbstverständlich auch getestet worden. Als Beispiel sei hier nur diese eine Untersuchung von Lawrence und Mitarbeitern genannt. Sie verglich 25 Probanden, an denen je 15 N95 Gummihalbmasken mit 15 N95 Feinstaubmasken sowie 6 gewöhnlichen Chirurgenmasken geprüft wurden. Die Probanden mussten ein vorgegebenes Testprogramm absolvieren, wobei die Leckage gemessen wurde. Ein damit errechneter simulated work place protection factor fiel – nicht unerwartet – am besten für die N95 Masken aus, während sich die Chirurgenmaske als praktisch wirkungslos erwies.

## **6. Risikobeurteilung als Basis der erforderlichen Massnahmen**

Sie werden nun vielleicht die Frage stellen: "Welche dieser Massnahmen brauchen wir in unserem Spital, brauche ich in meiner Praxis?" Die Antwort darauf kann nur dann korrekt gegeben werden, wenn sie auf einer Risikobeurteilung basiert. Nimmt man die von der Suva vorgeschlagene Einteilung der Spitäler in solche mit hohem bzw. mittlerem Risiko, je nachdem ob pro Jahr mehr oder weniger als 6 Tuberkulosepatienten behandelt werden, so gilt, dass für die Institutionen mit hohem Risiko eigentlich alle der vorgestellten technischen Massnahmen getroffen werden sollten. Aber auch Institutionen mit mittlerem oder gar kleinem Risiko können plötzlich mit einem infektiösen Tuberkulosepatienten konfrontiert sein. Ihr Konzept sollte deshalb zumindest so sein, dass sie für die erste Zeit mit einem geeigneten Raum oder Gerät und Material gerüstet sind und dass zum Voraus klar gestellt ist, wohin ein Patient in diesem Fall zu verlegen ist.

## **7. Schlussfolgerungen**

Ich komme zum Schluss und möchte zusammenfassend folgende 4 Punkte festhalten: 1. Für die Untersuchung und Behandlung von infektiösen Tuberkulosepatienten sind ergänzende technische Schutzmassnahmen unabdingbar. 2. Die Basis für die Art und den Umfang der zu treffenden Massnahmen bildet die Risikobeurteilung der jeweilige Institution. 3. Die gem. Punkt 2 festgelegten Massnahmen sind im Rahmen einer Gesamtpolitik bezüglich Umgang mit Tuberkulose konsequent umzusetzen. Und Schliesslich einmal mehr die immer wieder zitierte Feststellung, dass die grösste Gefahr für Personal und Mitpatienten von denjenigen infektiösen Tuberkulosekranken ausgehen, bei denen diese Diagnose noch nicht gestellt worden ist.