

Hygiene

Messung der Luftqualität im Krankenhaus

T. Tanaka, E. Kuriyama, Tokio

Die Zeitschrift „Der Spiegel“ erschien am 30.5.1988 mit dem Titel „Infektion in der Klinik – krank durchs Krankenhaus“, seitdem wird das Thema immer öfter diskutiert. In Japan strebt man heute in diesem Zusammenhang auch die Verbesserung der Luftqualität im OP-Saal an.



Autoren



Prof. Dr. Tatsuaki Tanaka, Jahrgang 1940, Studium der Architektur an der Waseda Universität. Umweltechnischer Abteilungschef der Firma Obayashi Corporation Forschungsinstitut. Seit 1993 Professor für Umweltechnik an der Ochanomizu Universität in Tokio.



Master Etsuko Kuriyama, Jahrgang 1963, Studium Umweltechnik an der Nihon Universität in Tokio. Seit 2001 Doktorantin an der Ochanomizu Universität in Tokio.

Bild 1

Messungen im OP-Saal

Messungen im OP-Saal

Die Messungen im OP-Saal wurden zwei Mal durchgeführt: im Winter am 22.1.2001 von 9:28 bis 11:00 Uhr und im Sommer am 3.8.2001 von 13:00 bis 17:26 Uhr (**Bild 1**). Die Raumtemperatur betrug bei beiden Messungen 22,0 °C, die relative Luftfeuchtigkeit lag im Winter bei 34 %, im Sommer bei 64 %.

Bei der Operation im Winter befanden sich zwei Ärzte, ein Narkosearzt, zwei Krankenschwestern und zwei für die Messungen zuständige Personen im Raum, im Sommer kamen zwei für Messungen zuständige Personen dazu. Die Operation im Winter dauerte eine Stunde und 30 Minuten, im Sommer drei Stunden und 34 Minuten, beides waren orthopädische Operationen.

Die in der Luft herunterfallenden und schwebenden Mikroben und die in der Luft schwebenden Staubpartikel wurden ca. 1,5 m vom Operationsfeld entfernt in Höhe des OP-Tisches gesammelt (**Bild 2**).

Zweck der Messungen ist, die Bewegung der im OP-Saal schwebenden und sich anheftenden Schimmelpilze und Bakterien zu untersuchen, ihre Menge und Art zu bestimmen sowie die Luftqualität zu erfassen. Für die Bewertung der Luftreinheit während der Operation soll die Menge der in der Luft schwebenden Staubpartikel gemessen werden.

Gegenstand der Untersuchung

Das Krankenhaus, in dem die Messungen durchgeführt wurden, ist ein siebengeschossiger Stahlbetonbau mit einer zweigeschossigen Dachwohnung in Betonbau. Die Gesamtwohnfläche beträgt 22 805 m², die Gebäudefläche 5 710,34 m², die Bettenzahl ist 361. Baufertigstellung war im September 1996.

Die Messungen erfolgten im OP-Saal 3. Dieser Saal besitzt einen Ventilator-konvektor mit Schwebstofffilter und eine Klimaanlage. Der Reinheitsgrad des OP-Saals ist Klasse 1000.

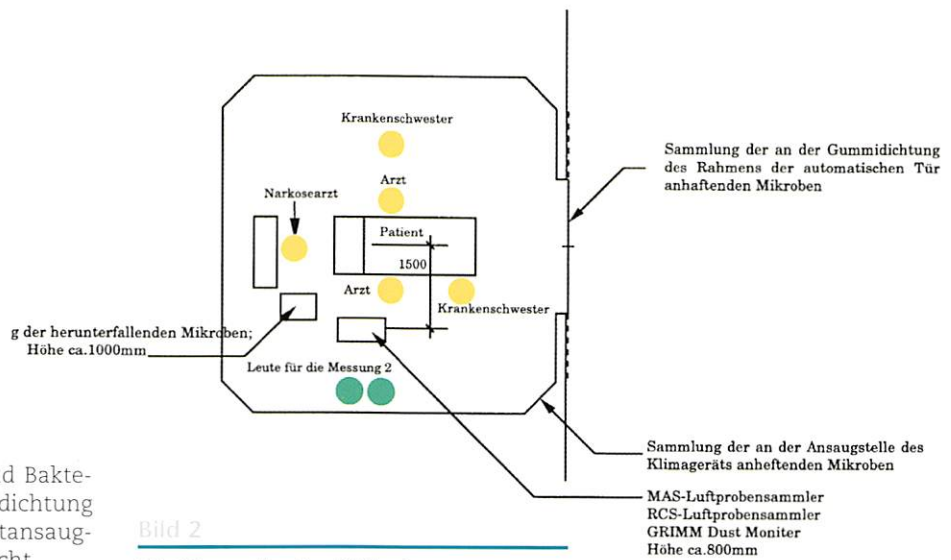


Bild 2

Die Messstellen im OP-Saal

Methode

Es wurden Schimmelpilze und Bakterien der Luft, an der Gummidichtung des Türrahmens und an der Luftansaugstelle des Klimagerätes untersucht.

Die in der Luft herunterfallenden Schimmelpilze wurden in offenen Schalen von 90 mm Durchmesser auf PDA- und M40YA-Nährböden aufgefangen. Die Schalen wurden 30 Minuten lang offen gehalten, um die in einem ruhigen und natürlichen Zustand herunterfallenden Schimmelpilze aufzufangen. Danach wurden die Böden sieben Tage lang bei 25 °C inkubiert, die Anzahl der lebenden Mikroben gezählt und identifiziert.

Die Messungen der in der Luft schwebenden Mikroben erfolgten mit einem RCS-Plus- sowie einem MAS-Luftprobensammler. Mit dem RCS-Luftprobensammler wurden Schimmelpilze und Bakterien quantitativ erfasst, mit dem MAS-Luftprobensammler quantitativ und qualitativ. Durch die Verwendung von zwei unterschiedlichen Luftprobensammlern sollten Daten mit sehr großer Zuverlässigkeit gewonnen werden.

Mit dem MAS-Luftprobensammler wurden ab Beginn der Operation im Abstand von 30 Minuten insgesamt sechs Messungen durchgeführt und dabei jedes Mal 320 Liter Luft angesaugt. Als Nährböden dienten PDA für allgemeine Schimmelpilze, M40Y für Schimmelpilze mit einer niedrigen Wassergehaltsaktivität und NA für allgemeine Bakterien. Bei jeder Messung wurde nur ein Nährmedi-

um eingesetzt, die verwendeten PDA- und M40Y-Nährböden kamen anschließend sieben Tage lang bei 25 °C in den Inkubator, beim NA-Nährboden waren es zwei Tage bei 35 °C.

Bei der Messung mit dem RCS-Luftprobensammler wurde die Luft jedes Mal acht Minuten lang angesaugt. Als Nährmedien wurden zwei verschiedene Agarstreifen verwendet: ein YM-Streifen für Schimmel- und Hefepilze und ein TC-Streifen für allgemeine Bakterien. Ab Beginn der Operation wurden im Abstand von 30 Minuten ebenfalls insgesamt sechs Messungen durchgeführt. Der YM-Nährboden wurde bei 25 °C sieben Tage lang inkubiert, der TC-Nährboden bei 35 °C zwei Tage. Nach Bestimmung der Anzahl der lebenden Mikroben wurde dieser Wert auf 1 m³ umgerechnet.

Die an der Gummidichtung des Türrahmens und an der Luftansaugstelle des Klimagerätes anhaftenden Schimmelpilze wurden mit sterilen Wattestäbchen an der Messstelle abgerieben, im Labor an PDA- und M40YA-Nährböden angerieben, bei 25 °C sieben Tage lang inkubiert und identifiziert.

Anzahl und Größe der im OP-Saal in der Luft schwebenden Staubpartikeln wurden von Beginn bis Ende der Operation kontinuierlich gemessen. Mit dem dazu verwendeten Staub-Messgerät GRIMM Dust Monitor (Model 1.108, Ver.8 60) wurden Staubpartikeln mit einem Durchmesser über 0,3; 0,4; 0,5; 0,65; 0,8; 1,0; 1,6; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 7,5; 10,0; 15,5 und 20,0 µm erfasst.

Ergebnis

In der Luft herunterfallende Schimmelpilze

Die Messwerte sind in **Tabelle 1** zusammengestellt.

Im Winter war kein Schimmelpilzwachstum nachweisbar. In den drei Messungen wurde kein Zusammenhang zwischen der Anzahl der lebenden Schimmelpilze, dem zeitlichen Ablauf der Messung und der Bewegung der Personen im Raum festgestellt.

Im Sommer wurde bei der fünften von insgesamt sechs Messungen auf dem M40YA-Nährboden *Penicillium* gefunden (jap. AOKABI: blaue Schimmelpilze).

	Messung	1	2	3	4	5	6
Sommer	Zeitpunkt der Messung	13:03	13:38	14:08	14:38	15:08	15:38
	PDA-Nährboden	0	0	0	0	0	0
	M40Y-Nährboden	0	0	0	0	1 ²	0
Winter	Zeitpunkt der Messung	9:30:00	10:00:00	10:30:00	–	–	–
	PDA-Nährboden	0	0	0	–	–	–
	M40Y-Nährboden	0	0	0	–	–	–

¹ KBE: Kolonie bildende Einheit
² *Penicillium*

Tabelle 1

In der Luft herunterfallende Schimmelpilze (KBE¹)/Schale · 30 Minuten)

	Messung	1	2	3	4	5	6
Sommer	Zeitpunkt der Messung	13:03	13:38	14:08	14:38	15:08	15:38
	PDA-Nährboden	1 ¹	0	0	0	0	0
	M40Y-Nährboden	0	0	0	0	0	0
	NA-Nährboden	9	1	0	0	0	1
Winter	Zeitpunkt der Messung	9:30	10:00	10:30	–	–	–
	PDA-Nährboden	0	0	0	–	–	–
	M40Y-Nährboden	0	0	0	–	–	–
	NA-Nährboden	0	0	0	–	–	–

¹ *Aspergillus*

Tabelle 2

Die mit dem MAS-Luftprobensammler gemessenen, in der Luft schwebenden Mikroben (KBE/320L)

	Messung	1	2	3	4	5	6
Sommer	Zeitpunkt der Messung	13:03	13:38	14:08	14:38	15:08	15:38
	YM-Nährboden (für Schimmelpilze und Hefe-Pilze)	0	0	0	0	1	0
	TC-Nährboden (für allgemeine Bakterien)	19	14	9	2	3	3
Winter	Zeitpunkt der Messung	9:30	10:00	10:30	–	–	–
	YM-Nährboden (für Schimmelpilze und Hefe-Pilze)	0	0	0	–	–	–
	TC-Nährboden (für allgemeine Bakterien)	0	0	0	–	–	–

Tabelle 3

Die mit dem RCS-Luftprobensammler gemessenen, in der Luft schwebenden Mikroben (KBE/320L)

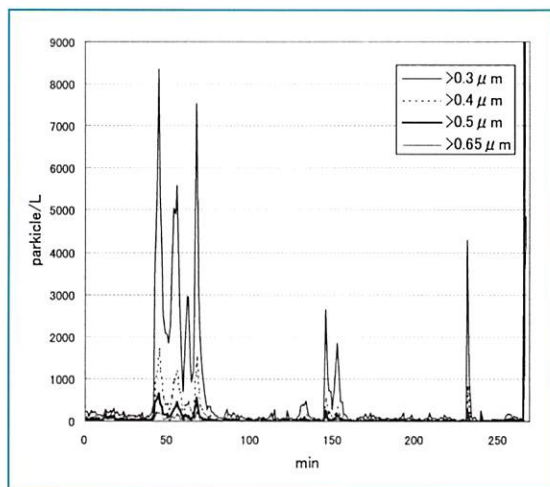


Bild 3

Zeitliche Veränderung im Sommer (Partikeldurchmesser: 0,3 bis 0,8 μm)

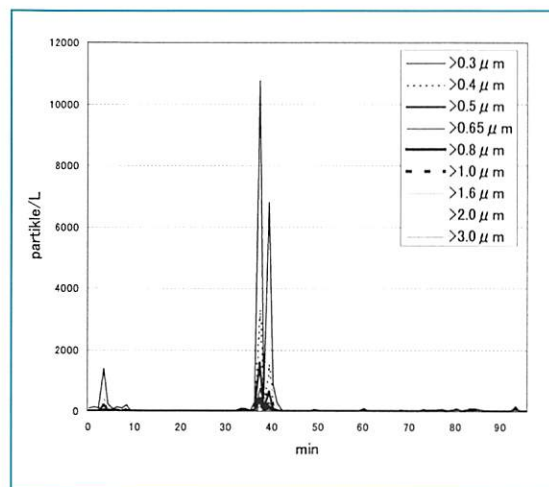


Bild 4

Zeitliche Veränderung im Winter (Partikeldurchmesser: 0,3 bis 4,0 μm)

Auf PDA- und M40YA-Nährboden wurden keine Schimmelpilze festgestellt. In den sechs Messungen wurde ebenfalls kein Zusammenhang zwischen der Anzahl der Schimmelpilze, dem Zeitablauf und der Bewegung der Leute im Raum gefunden.

In der Luft schwebende Mikroben (MAS-Luftprobensammler)

Die Messergebnisse sind in **Tabelle 2** dargestellt.

Bei der Messung im Winter wurden weder Schimmelpilze noch Bakterien gefunden. In den insgesamt drei Messungen war kein Zusammenhang zwischen der Anzahl der Pilze, dem zeitlichen Ablauf und der Bewegung der Personen festzustellen.

Im Sommer wurde bei der fünften Messung auf M40YA-Nährboden *Aspergillus* gefunden.

Bei den allgemeinen Bakterien (NA-Nährboden) wurden durch optische Identifizierung bei der ersten Messung *Bacillus* und Gram-negative Bakterien, bei der zweiten und sechsten Messung

Gram-negative Bakterien festgestellt. In allen sechs Messungen wurde kein Zusammenhang zwischen der Pilzanzahl, dem zeitlichen Ablauf und der Bewegung der im Raum befindlichen Personen festgestellt.

Bei den allgemeinen Mikroben war die Anzahl bei der ersten Messung am größten, danach ging sie zurück. Die Ursache scheint darin zu liegen, dass bei der ersten Messung durch das Hineinbringen des Kranken in den OP-Saal der Personenverkehr sehr stark war.

In der Luft schwebende Mikroben (RCS-Luftprobensammler)

Die Messergebnisse sind in **Tabelle 3** enthalten.

Im Winter wurden weder Schimmelpilze noch Bakterien gefunden. Es wurde kein Zusammenhang zwischen der Pilzanzahl, dem Zeitablauf und der Bewegung der Leute festgestellt.

Bei den insgesamt sechs Messungen im Sommer wurde ebenfalls kein Zusammenhang zwischen der Schimmelpilzanzahl, dem Zeitablauf und der Be-

wegung der im Raum befindlichen Personen festgestellt.

Bei den allgemeinen Bakterien war bei der ersten Messung die Anzahl am größten, danach ging sie zurück, mit der Zeit hatte sich der Zustand im OP-Saal beruhigt.

Anhaftende Schimmelpilze

Bei der Untersuchung im Winter wurden weder an der Gummidichtung des Türrahmens noch an der Luftansaugstelle des Klimageräts Schimmelpilze gefunden.

Auch im Sommer wurden an beiden Orten keine Schimmelpilze festgestellt.

Staubpartikeln in der Luft

Die zeitliche Änderung der Anzahl der Staubpartikeln, die in der Luft schweben, wird nach Partikelgrößen geordnet und in den **Bildern 3, 4** und **6** gezeigt.

Bei den Messungen im Winter fällt auf, dass die Anzahl der Staubpartikeln mit einem Durchmesser von 0,3 bis 4,0 μm bei der Blutstillung durch Ther-

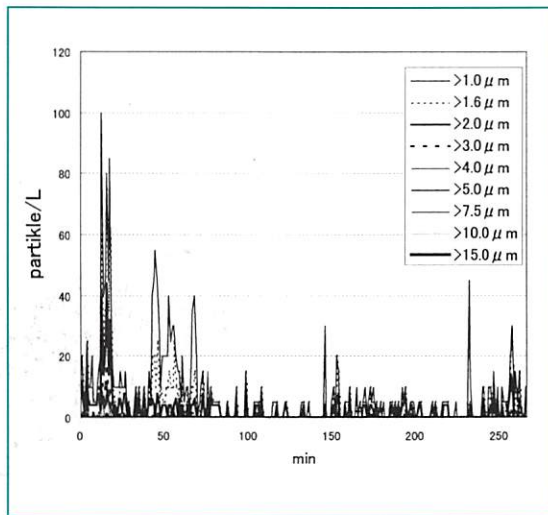


Bild 5

Zeitliche Änderung der Anzahl der Staubpartikel im Sommer (Partikeldurchmesser: 1,0 bis 15,0 μm)

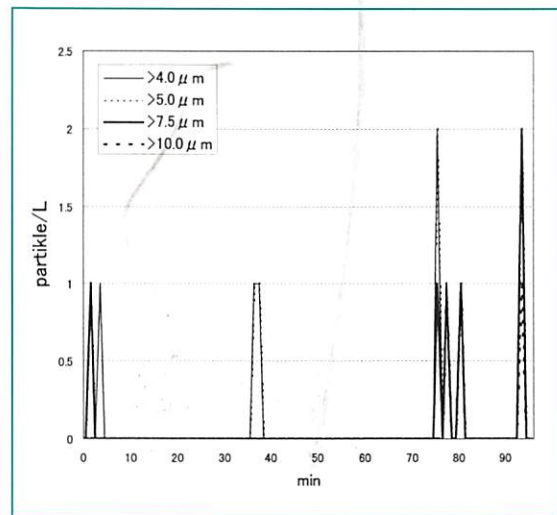


Bild 6

Zeitliche Änderung der Anzahl der Staubpartikel im Winter (Partikeldurchmesser: 4,0 bis 10,0 μm)

mokauterisation der befallenen Stelle ansteigt (Bild 4). Die gleiche Tendenz ist bei der Messung im Sommer bei Staubpartikeln mit 0,3 bis 0,8 μm Durchmesser zu beobachten (Bild 3).

Im Sommer vergrößert sich die Anzahl der großen Staubpartikeln mit einem Durchmesser von 0,8 bis 15,0 μm während der Einbringung des Kranken in den OP-Saal, seines Verlegens auf den OP-Tisch und seiner Behandlung vor und nach der Operation (Bild 5). Im Winter vergrößert sich die Anzahl der Staubpartikeln von 4,0 bis 10,0 μm Durchmesser ebenso beim Verlegen des Kranken auf die Trage nach der Operation und beim Hinausbringen des Kranken aus dem OP-Saal (Bild 6).

Während der Operation, bei der keine große Bewegung entsteht, bleibt die Anzahl der Staubpartikeln sämtlicher

Staubgrößen klein. Aus diesen Ergebnissen ist abzuleiten, dass durch menschliche Bewegung die Anzahl der Staubpartikeln mit Durchmessern über 0,8 μm ansteigt. Ferner sank die Anzahl der Staubpartikeln über 0,3 μm nie unter die Nachweisgrenze, die Raumluft im OP-Saal enthält damit jederzeit eine bestimmte Menge an Staubpartikeln.

In der Luft schwebende Mikroben

Als Schimmelpilzarten wurden *Penicillium* (Messung durch Auffangen) und *Aspergillus* (Messung mit dem MAS-Luftprobensammler) festgestellt, beide Arten werden sehr oft im Wohnraum gefunden. Im Zeitraum, in dem diese Schimmelpilzarten nachgewiesen wurden, gab es größere Bewegungen im OP-Saal, wie den Krankentransport oder die Bewegungen der Ärzte zu den Röntgenbildern. Es wurde jedoch kein klarer Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Pilzen und den Bewegungen festgestellt.

Da die Bakterien an unserer Universität nicht identifiziert werden können, bleiben Details zwar offen, aus optischen Untersuchungen jedoch scheinen sie allgemein an menschlichen Körpern anhaftende Bakterien zu sein.

In der Luft schwebende Staubpartikeln

Es wurde gezeigt, dass sich je nach der Art der Operation oder der menschlichen Bewegungen die Größe der in der

Luft schwebenden Staubpartikeln ändert. Weiter wurde festgestellt, dass eine bestimmte Menge an Staubpartikeln immer in der Luft zu finden ist, auch wenn das Raumklima stabil zu sein scheint.

Es ist weiterhin notwendig, Untersuchungen über den Zusammenhang von Luftreinheit im OP-Saal und der Form der lufttechnischen Anlage (Richtung des Luftstroms, Sauberkeit der Filter etc.) vorzunehmen.

Zusammenhang zwischen den in der Luft schwebenden Mikroben und Staubpartikeln

Die Größe der in der Luft schwebenden Schimmelpilze beträgt 2,0 bis 50,0 μm , die der Bakterien 0,5 bis 2,0 μm . Wenn man die Zu- und Abnahme der Bakterienanzahl mit der Menge der in der Luft schwebenden Staubpartikeln bei den Messungen im Sommer vergleicht, nehmen beide vor Operationsbeginn zu. Als Mittel zur Übertragung scheinen sich die in der Luft schwebenden Bakterien an Staubpartikeln anzuhängen, so dass es sinnvoll erscheint, die Anzahl der Staubpartikeln mit über 0,5 μm Durchmesser zu reduzieren. Die Messgenauigkeit ist bei dieser Untersuchung jedoch niedrig, weil bei unseren Messungen mit dem RCS-Luftprobensammler jedes Mal nur ein Agar-Streifen verwendet wurde an Stelle von drei im Normalfall, damit sind endgültige Aussagen erst nach weiteren Untersuchungen möglich.

Literatur

- [1] Beckert, J.; Esdorn, H.; Grundermann, K.O.; Kraupner, K.-W.; Schmidt, P.: Beuth Kommentare "Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern, Kommentar zu DIN 1946 Teil 4", Beuth Verlag.
- [2] Scheer, F. A.: Einfluss der Turbulenz einer Verdrängungsströmung in Operationsräumen auf Transport und Sedimentation von Mikroorganismen.
- [3] DIN 1946, Teil 2: Raumlufttechnik-Gesundheitstechnische Anforderungen, Ausgabe Januar 1994, Beuth Verlag.