



DOORS

ASSA ABLOY



Die Rolle von Türen bei der Begrenzung des Infektionsrisikos in Krankenhäusern

Whitepaper von:

Metaflex. Meet reliability.

1. Einleitung

Um das Infektionsrisiko in Krankenhäusern und Pflegeheimen zu begrenzen, sind Isolation und Luftkontrolle von großer Bedeutung. Türen spielen dabei eine große Rolle. Patienten mit gefährlichen und ansteckenden Krankheiten müssen in Isolierzimmern untergebracht werden können, in denen Unterdruck herrscht, um eine weitere Ausbreitung von Krankheitserregern zu verhindern. Auf diese Weise werden andere Patienten - oft mit geschwächtem Immunsystem - sowie das Personal vor übertragbaren Krankheitserregern geschützt. Krankheitserreger können sich auf unterschiedlichste Weise verbreiten.

Dazu gehören etwa die gemeinsame Nutzung von Geräten oder das Anfassen von Türgriffen (Wojgani, Kehsa, Cloutman-Green, Gray, Gant & Klein, 2011). Eine weitere wichtige Ursache für Kontaminationen sind Luftströmungen, die durch das Öffnen und Schließen von Türen verursacht werden, welche Zugang zu Isolierzimmern, Operationssälen u.dgl. gewähren (Ham, 1999; Kalliomäki, Saarinen, Tang & Koksela, 2015; Mouvasi & Grosskopf, 2016).

In der Folge von früheren Krankheitsausbrüchen, bei denen Krankheitserreger nicht ausreichend isoliert werden konnten, wie etwa dem Ausbruch von SARS (2003) oder der mexikanischen Grippe (2009), stieg die Nachfrage nach effektiv isolierenden Räumen deutlich an und es wurde vermehrt über die Funktionsweise dieser Räume geforscht (Tang, Nicolle, Pantelic, Klettner, et al., 2013). Studien haben u.a. gezeigt, dass Faktoren wie die Geschwindigkeit der Türbewegung, die Dauer der Türöffnung, die Nutzung durch das Pflegepersonal sowie die Raumklimatisierung das Ausmaß der Luftströmung zwischen verschiedenen Räumen beeinflussen (Ham, 1999; Mouvasi & Grosskopf, 2016; Tang et al., 2013). In diesem Whitepaper erläutern wir den Unterschied zwischen Schiebe- und Drehtüren in Bezug auf Luftströmungen und ihrer Folgen. Abschließend erörtern wir kurz andere Arten von Ansteckungsgefahren und die Rolle, die Dreh- und Schiebetüren dabei spielen.



2. Luftströmung

Um sich ein gutes Bild über das Risiko von Luftströmungen für Patienten außerhalb isolierter Räume machen zu können, ist es wichtig, sich zunächst einmal anzusehen, wie Luftströmungen funktionieren. Eine Luftströmung tritt auf, wenn sich Luft von einem Ort zum anderen bewegt (Mouvasi & Grosskopf, 2016). Dies geschieht zum Beispiel, wenn eine Tür zwischen zwei Räumen geöffnet wird (Ham, 1999). Auf den ersten Blick erscheint eine solche Luftbewegung harmlos. Wenn sich jedoch Tröpfchen mit Krankheitserregern in der Luft befinden, besteht eine unmittelbare Gefahr. Denn wenn sich die Tür zwischen dem isolierten Raum und dem daran angrenzenden Raum öffnet (Kiel & Wilson, 1989; Eames, Shoaib, Klettner & Taban, 2009), können die Tröpfchen in der Atemluft des Patienten in die Luft gelangen und von der infizierten Person zu einer anfälligen Person übertragen werden (Mousavi & Grosskopf, 2016). Diese Übertragungsweise kann bestimmte Infektionskrankheiten wie z.B. das Coronavirus SARS verbreiten (Mousavi & Grosskopf, 2016).

2.1 Art der Tür

Natürlich ist es unmöglich, Luftströmungen vollständig zu verhindern. Es besteht allerdings die Möglichkeit, die Ausbreitung von Infektionskrankheiten einzudämmen und die Qualität der Kontrolle von Luftbewegungen zu verbessern (Ham, 1999). Im nächsten Kapitel erläutern wir, welche Rolle der Einsatz von Schiebetüren dabei spielen kann.

Wie bereits erwähnt, führt das Öffnen und Schließen von Türen zu einer Luftbewegung zwischen zwei Räumen, wodurch eine Gefahr des Transports infektiöser Erreger besteht. Die Forschung zeigt, dass verschiedene Arten von Türen das Ausmaß der Luftbewegung unterschiedlich beeinflussen.

Tang und Kollegen (2013) stellen beispielsweise fest, dass die Verwendung von Schiebetüren weniger Luftbewegung verursacht als das Öffnen von Drehtüren.

Andere Untersuchungen zeigen ebenfalls, dass Drehtüren die Luftbewegung erhöhen (Kalliomäki et al., 2015). Um dies zu demonstrieren, ließ Ham (1999) an verschiedenen Lampenpositionen in einem Reinraum die Anzahl der Luftpartikel an verschiedenen Körperstellen des Patienten messen. Tabelle 1 zeigt einen deutlichen Unterschied in der Anzahl der am Körper gemessenen Luftpartikel bei Verwendung einer Dreh- gegenüber einer Schiebetür. Tabelle 2 zeigt, dass die Anzahl der an den Abluftgittern im Reinraum gemessenen Luftpartikel bei der Verwendung von Drehtüren höher ist als bei der Verwendung von Schiebetüren. (Ham, 1999).

Tabelle 1: Gesamtanzahl gemessener Luftpartikel ($\geq 0,3\mu\text{m}$) an Körperstellen in einem Reinraum

	Lampenposition	A	B	C
Brust	Drehtür links	22	3	4
	Drehtür rechts	42	2	38
	Schiebetür	0	0	2
Hüfte	Drehtür links	10	3	3
	Drehtür rechts	15	0	1
	Schiebetür	0	1	1
Beine	Drehtür links	5	3	1
	Drehtür rechts	9	1	2
	Schiebetür	0	4	1

Quelle: Ham, 1999.

Tabelle 2: Gesamtanzahl gemessener Luftpartikel ($\geq 0,3\mu\text{m}$) auf Abluftgitter in dem Reinraum

Art der Tür	Türöffnung	Anzahl Luftpartikel
Drehtür links	Kurz geöffnet	7022
Drehtür rechts	Kurz geöffnet	7996
Schiebetür	Kurz geöffnet	4208

Quelle: Ham, 1999.

Kalliomäki und Kollegen (2015) stellten den Unterschied beim Öffnen und Schließen von Dreh- und Schiebetüren mittels Rauchvisualisierung dar. Wie aus den Abbildungen 1 und 2 hervorgeht, ist die Anzahl der sich von A nach B bewegenden Luftpartikel, visualisiert durch die Menge der Rauchbewegung, nach dem Öffnen einer Schiebetür (Abbildung 2) geringer als nach dem Öffnen einer Drehtür (Abbildung 1).

Das Ausmaß der Luftbewegung ist auch von der spezifischen Art der Dreh- oder Schiebetür abhängig. Beispielsweise verursachen doppelte Drehtüren die größte Luftbewegung zwischen zwei Räumen, gefolgt von einfachen Drehtüren und doppelten Schiebetüren. Einfache Schiebetüren haben den geringsten Einfluss auf die Luftströmung und damit auf die mögliche Bewegung kontaminierter Luftpartikel (Tang et al., 2013).

Abgesehen von der Art der Tür beeinflusst die Geschwindigkeit des Öffnens und Schließens die Bewegung von Luftpartikeln (Kalliomäki et al., 2015). Eine höhere Geschwindigkeit des Öffnens und Schließens wirkt sich nachteilig auf die Menge der bewegten Partikel aus (Ham, 1999). Die Studie von Tang und Kollegen (2013) zeigt, dass Drehtüren beim Öffnen und Schließen eine höhere Geschwindigkeit aufweisen. Sie können daher mehr kontaminierte Luftpartikel bewegen als Schiebetüren. Untersuchungen zeigen, dass bei fehlender Belüftung beim Öffnen von Schiebetüren nur ein mäßiger Luftstrom entsteht. Bei Drehtüren hingegen kommt es durch die Türöffnung zu einer starken Luftströmung, die weit in den Raum hineinreicht (Kalliomäki et al., 2015). Je länger eine Tür geöffnet ist, desto größer ist der Luftaustausch zwischen den beiden Räumen. Insgesamt findet bei Verwendung einer Drehtür ein größerer Luftaustausch zwischen zwei aneinandergrenzenden Räumen statt, wodurch sich auch das Infektionsrisiko erhöht.



Abbildung 1: Luftbewegung nach Öffnen der Drehtür
(Quelle: Kalliomäki et al, 2015)



Abbildung 2: Luftbewegung nach Öffnen der Schiebetür
(Quelle: Kalliomäki et al, 2015)

2.2 Türdurchgang

Zusätzlich zur Luftströmung durch das bloße Öffnen und Schließen einer Tür kommt es auch aufgrund der Benutzung der Tür durch das Pflegepersonal zu einer Luftbewegung. Diese Bewegung von Luftpartikeln entsteht zusätzlich zu der Luftströmung, die durch das bloße Öffnen und Schließen der Tür verursacht wird (Kalliomäki et al., 2015).

Verschiedene Studien zeigen, dass es beim Verlassen eines Isolierzimmers durch eine Pflegekraft zu einer erhöhten Konzentration von Luftpartikeln in dem Raum kommt, in den

sich die Pflegekraft begibt (Kalliomäki et al., 2015; Rydock & Eiland, 2004; Tang et al., 2013). Mit der Pflegekraft strömt ein Teil der Luft aus dem Isolierzimmer in den anderen Raum (Tang et al., 2013). Kalliomäki und Kollegen (2015) zeigten auch, dass es beim Passieren des Türrahmens sowohl bei Dreh- als auch Schiebetüren zu einer großen Menge an Luftpartikeln und zu Luftverwirbelungen kommt. Die Abbildungen 3 bis 6 zeigen jedoch, anhand einer Rauchvisualisierung, dass die Anzahl der beim Passieren bewegter Luftpartikel bei Schiebetüren wesentlich geringer ist als bei Drehtüren.



Abbildung 3: Luftbewegung bei geöffneter Drehtür nach dem Passieren (Quelle: Kalliomäki et al, 2015)



Abbildung 4: Luftbewegung bei geschlossener Drehtür nach dem Passieren (Quelle: Kalliomäki et al, 2015)



Abbildung 5: Luftbewegung bei geöffneter Schiebetür nach dem Passieren (Quelle: Kalliomäki et al, 2015)



Abbildung 6: Luftbewegung bei geschlossener Schiebetür nach dem Passieren (Quelle: Kalliomäki et al, 2015)

Dahingegen ist der relative Effekt beim Passieren der Tür bei Schiebetüren größer als bei Drehtüren (Tang et al, 2013; Kalliomaki et al, 2015). Dennoch ist der durchschnittliche Luftstrom beim Passieren in verschiedene Richtungen (von außen nach innen und umgekehrt) bei Schiebetüren geringer als bei Drehtüren (Kalliomaki et al, 2015; Hayden, Johnston, Hughes & Jensen, 1998). Dadurch verringert sich auch das Risiko einer Infektion (Ham, 1999).

Aber auch bei Schiebetüren gibt es einen (geringen) Austausch von Luftströmen zwischen den beiden Räumen. Um dies weitestgehend zu verhindern, sind zusätzliche Maßnahmen möglich, welche die gewünschte Wirkung von Isolierzimmern optimieren können. So können zur Einschränkung von Luftbewegungen beispielsweise Schleusen verwendet werden. Diese nehmen jedoch viel Platz in Anspruch, der nicht immer zur Verfügung steht. Eine weitere Option ist die Klimatisierung, eine Form der Luftregulierung, die wir im nächsten Abschnitt erörtern.

2.3 Klimatisierung

Eine der Möglichkeiten im Hinblick auf die Klimatisierung in Krankenhäusern und Pflegezentren ist der Unterdruck (Ham, 1999). Dabei sorgt ein Lüftungssystem für einen niedrigeren Druck im Isolierzimmer, indem mehr Luft aus dem Isolierzimmer abgesaugt wird als aus den umliegenden Räumen. Damit soll sichergestellt werden, dass beim Öffnen der Tür die Luft automatisch in das Isolierzimmer gesaugt wird und diesen nicht verlässt. Auf diese Weise kann die Ausbreitung von Infektionskrankheiten, die sich über die Luft verbreiten können, verhindert werden (Adams, Johnson & Lynch, 2011). Der Grad des Unterdrucks kann variieren und hängt von den in den einzelnen Ländern oder Kontinenten geltenden Richtlinien ab (Rydock & Eian, 2004). Druck wird allgemein als eine notwendige Form der Klimatisierung akzeptiert, kann jedoch leider nicht garantieren, dass sich Krankheitserreger nicht doch ausbreiten.

Die Änderung der Luftstromrichtung mittels Unterdruck ist nur teilweise wirksam (Mousavi & Grosskopf, 2016), da es auch bei Unterdruck zu einer Luftbewegung kommt, wenn die Tür

benutzt wird. Wenn nicht ausreichend Unterdruck vorhanden ist, kann dabei sogar das Gegenteil bewirkt werden (Mousavi & Grosskopf, 2016; Tang, Eames, Li, Taha, Wilson, Bellingan, Ward & Breuer, 2005). Darüber hinaus kann ein zu schnelles Öffnen einer Tür, wie es bei Drehtüren der Fall sein kann, auch den gegenteiligen Effekt von Unterdruck haben, wodurch es zu einer stärkeren Luftbewegung kommt (Mousavi & Grosskopf, 2016; Tang et al., 2005). Auch die Richtung, in der sich die Drehtür öffnet, hat offenbar Einfluss auf den Unterdruck (Tang et al., 2013).

Wenn die Drehtür in Richtung des Isolierzimmers geöffnet wird, kehrt sich der Unterdruck bei jedem Öffnen kurzzeitig um. Dadurch kann die kontaminierte Luft aus dem Isolierzimmer in den angrenzenden Raum entweichen (Tang et al., 2013). Dieses Problem ist teilweise vermeidbar. Studien von Adams und Kollegen (2011) zeigen beispielsweise, dass bei steigendem Unterdruck die Zahl der kontaminierten Luftpartikel, die aus dem Isolierzimmer entweichen, abnimmt. Diese Studie wurde jedoch nur unter Verwendung von Drehtüren durchgeführt. Bei Schiebetüren zeigt sich auch, dass bei ausreichendem Unterdruck die Luftbewegung zwischen zwei Räumen geringer ist (Tang et al., 2013). Aus diesem Grund ist es auch ratsam, Schiebetüren anstelle von Drehtüren zu verwenden.

Schließlich spielt bei der Luftströmung zwischen zwei Räumen auch die Temperatur eine Rolle. Bereits ein geringer Temperaturunterschied kann die Luftströmung durch die Türöffnung deutlich erhöhen (Kalliomäki et al., 2015). Darüber hinaus kann ein zu hoher Temperaturunterschied sogar die Bewegungsrichtung der Luft ändern. Letzteres stellt ein Problem dar, wenn zur Beschränkung von Luftströmen aus Isolierzimmern u.dgl. Unterdruck verwendet wird. So kann die wärmere, kontaminierte Luft aus dem Isolierzimmer in Kopfhöhe aus dem Raum entweichen und in das Gesicht einer Pflegekraft gelangen (Tang et al., 2005). Der oben beschriebene Effekt wird bei Drehtüren durch die Kraft des Türöffnens reduziert (Kalliomäki et al., 2015). Allerdings gilt: Wenn die Temperaturregelung in Ordnung ist, verursachen Schiebetüren weniger Luftbewegung als Drehtüren.

2.4 Begrenzung anderer Formen des Infektionsrisikos

Abgesehen von einer möglichen Infektion durch die Bewegung von Luftpartikeln gibt es noch andere Wege der Verbreitung von Infektionskrankheiten. In den letzten Jahren wurde im Bereich der Hygiene viel erreicht, etwa hinsichtlich des Waschens und Desinfizierens der Hände im Zusammenhang mit Infektionskrankheiten (Wojgani et al., 2012). Eine weitere Möglichkeit, die Übertragung von Infektionen zu begrenzen, besteht in der Krankenhausgestaltung. Dabei können verschiedene Aspekte berücksichtigt werden, darunter auch die Verwendung von Türgriffen (Wojgani et al., 2012). Untersuchungen zeigen, dass Türklinken ein hohes Risiko der Übertragung von Infektionskrankheiten bergen (Oelberg, Joyner, Jiang, Laborde, Islam et al., 2000).

Untersuchungen zur Anzahl der lebensfähigen Bakterien auf häufig verwendeten Türgriffen in Krankenhäusern zeigten, dass

der Ort, die Form, die Häufigkeit und die Art der Benutzung für die Anzahl der gefundenen Bakterien von Bedeutung sind (Wojgani et al., 2012). So erwiesen sich beispielsweise Türgriffe als am risikoreichsten für eine Übertragung, gefolgt von Ziehbügeln und schließlich Druckplatten (siehe Abbildung 7).

Laut Wojgani und Kollegen (2012) hängt dies mit der Größe der Oberfläche zusammen, die vom Benutzer berührt und/oder angefasst wird. Wenn man dies in Anbetracht der Kenntnis betrachtet, dass sich viele Infektionskrankheiten auch über die Hände verbreiten können, ist es naheliegend, ein automatisches Türöffnungssystem einzusetzen (Wojgani et al., 2012).

Oberflächenberührungen und somit das Infektionsrisiko werden dadurch reduziert. Tang und Kollegen (2013) empfehlen daher Schiebetüren mit einem automatischen Öffnungssystem.

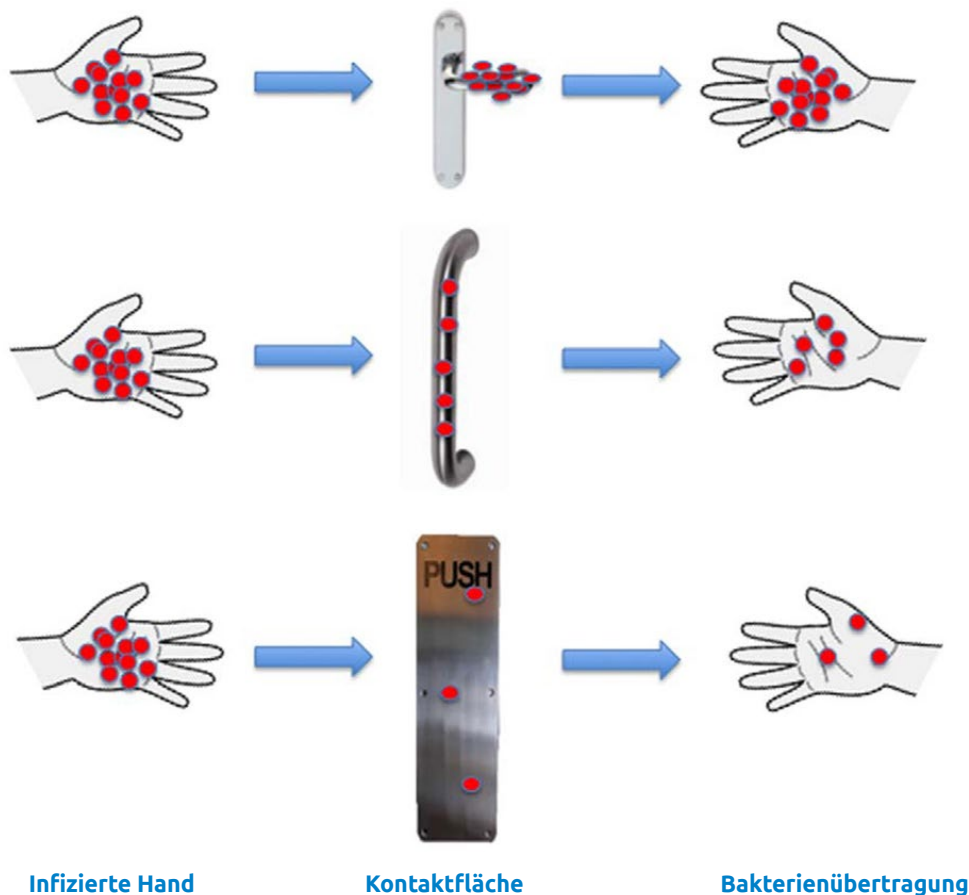


Abbildung 7: Bakterienanzahl pro Öffnungsart (Quelle: Wojgani et al., 2012)

3. Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich aus den obigen Ausführungen schließen, dass es verschiedene Arten gibt, auf welche Infektionskrankheiten übertragen werden können. In Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen sind Luftströmungen zwischen Isolierzimmern mit infizierten Patienten und angrenzenden Räumen ein Hauptverursacher. Die Luft kann infektiöse Tröpfchen enthalten, die von einem Raum in den anderen gelangen, wenn sich eine Tür öffnet und jemand hindurchgeht. Die Kontrolle dieser Luftströme ist daher von lebenswichtiger Bedeutung. Hierzu kann eine Kontrolle des Raumklimas eingesetzt werden, beispielsweise durch Unterdruck- oder Temperaturregelung.

Die Anwendung von Klimatisierungsmaßnahmen erfordert jedoch größte Sorgfalt, und die Wirkung wird schnell negativ beeinflusst, wenn sich Türen beispielsweise zu schnell öffnen oder schließen. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass bei Verwendung einer Schiebetür in den allermeisten Fällen die Anzahl der Luftpartikel, die sich vom Isolierzimmer in den angrenzenden Raum bewegen, geringer ist als bei Verwendung einer Drehtür.

Darüber hinaus erweisen sich Türklinken und -griffe als bedeutende Ansteckungsquellen. Auch hier stellen wissenschaftlichen Untersuchungen zufolge Schiebetüren eine Lösung dar, da Schiebetüren oft mit Möglichkeiten zum Öffnen ohne Türgriff ausgestattet sind. Beispiele hierfür sind automatische Türöffnungssysteme, kontaktlose Aktivatoren sowie Sensoren. Durch die Minimierung von Berührungen bergen diese Türöffnungssysteme ein geringeres Risiko. Um die Ansteckungsgefahr z.B. beim Öffnen von Türen zwischen einem Isolierzimmer und einem angrenzenden Raum einzuschränken, wird daher eine Schiebetür mit automatischem Türöffnungssystem empfohlen.

Haben Sie Fragen? Wir stehen Ihnen zur Verfügung

Haben Sie auf Grundlage dieses Whitepapers noch Fragen zu den Anforderungen und Möglichkeiten der Türen in Ihrer Pflegeeinrichtung? Egal, ob es um das Infektionsrisiko, die Feuer- und Rauchbeständigkeit, die Brandschutzanforderungen oder verschiedene Öffnungssysteme geht: die Mitarbeiter von Metaflex teilen gerne ihr umfangreiches Wissen mit Ihnen. Weitere Informationen finden Sie auf www.metaflexdoors.nl, oder kontaktieren Sie

Marcel Schoppers | Sales Manager Benelux & Germany | +31 88 1414 631 | marcel.schoppers@metaflexdoors.com

References

- Adams, N. J., Johnson, D. L., & Lynch, R. A. (2011). The effect of pressure differential and care provider movement on airborne infectious isolation room containment effectiveness. *American Journal of Infection Control*, 39(2), 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2010.05.025>
- Eames, I., Shoaib, D., Klettner, C. A., & Taban, V. (2009). Movement of airborne contaminants in a hospital isolation room. *Journal of the Royal Society Interface*, 6(suppl_6), S757-S766.
- Ham, P. J., & Pastoor, J. W. T. L. (1999). Luchtuitwisseling via open deuren in operatiekamers. Retrieved from <https://repository.tudelft.nl/view/tno/uuid:77b33fa8-400e-4ad9-80d7-f2ea639384ef>
- Kalliomäki, P., Saarinen, P., Tang, J. W., & Koskela, H. (2015). Airflow Patterns through Single Hinged and Sliding Doors in Hospital Isolation Rooms. *International Journal of Ventilation*, 14(2), 111–126. <https://doi.org/10.1080/14733315.2015.11684074>
- Mousavi, E. S., & Grosskopf, K. R. (2016). Airflow patterns due to door motion and pressurization in hospital isolation rooms. *Science and Technology for the Built Environment*, 22(4), 379–384. <https://doi.org/10.1080/23744731.2016.1155959>
- Rydock, J. P., & Eian, P. K. (2004). Containment testing of isolation rooms. *Journal of Hospital Infection*, 57(3), 228–232. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2004.01.032>
- Tang, J.W., Eames, I., Li, Y., Taha, Y. A., Wilson, P., Bellingan, G., Ward, K. N. & Breuer, J. (2005). Door-opening motion can potentially lead to a transient breakdown in negative-pressure isolation conditions: the importance of vorticity and buoyancy airflows. *Journal of Hospital Infection*, 61(4), 283–286. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2005.05.017>
- Tang, Julian W., Nicolle, A., Pantelic, J., Klettner, C. A., Su, R., Kalliomaki, P., Saarinen, P., Koskela, H., Reijula, K., Mustakallio, P., Cheon, D. K. W., Sekhar, C. & Tham, K. W. (2013). Different Types of Door-Opening Motions as Contributing Factors to Containment Failures in Hospital Isolation Rooms. *PLoS ONE*, 8(6), e66663. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066663>
- Wojgani, H., Kehsa, C., Cloutman-Green, E., Gray, C., Gant, V., & Klein, N. (2012). Hospital Door Handle Design and Their Contamination with Bacteria: A Real Life Observational Study. Are We Pulling against Closed Doors? *PLoS ONE*, 7(10), e40171. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040171>