#whaims
aims.wh.com

Advanced Infection prevention Management Solutions

Sterilisation mit Dampf

Effektiv, umweltfreundlich und sicher für das Personal

Das Verfahren der Wasserdampfsterilisation ist seit Jahren bewährt und gilt als das bislang sicherste Sterilisationsverfahren. Heißer Dampf zerstört alle lebenden Mikroorganismen und gewährleistet damit effiziente und zuverlässige Ergebnisse ohne Verwendung von Giftstoffen. Darüber hinaus ist das Verfahren umweltfreundlich, denn es erzeugt keine weiteren schädlichen Kontaminationen. Vor allem aber minimiert es den Kontakt des Personals mit schädlichen Chemikalien.

Was genau geschieht bei der Wasserdampfsterilisation?

Unter normalen Umständen, also unter atmosphärischem Druck, wird Wasserdampf nicht heißer als 100 °C. Unter diesen Bedingungen würde es recht lange dauern, alle Krankheitserreger sicher abzutöten. Dampfsterilisatoren arbeiten jedoch mit weit höheren Temperaturen (und Drücken), was eine erhebliche Verkürzung der Sterilisationsdauer und zugleich eine höhere Effizienz und Zuverlässigkeit des Sterilisationsprozesses ermöglicht. Zunächst muss der Wasserdampf in direkten Kontakt mit den aufbereiteten Instrumenten kommen. Das ist außerordentlich wichtig. Der gesättigte Dampf kondensiert auf der Oberfläche der Instrumente und kann seine gespeicherte Energie dadurch als Wärme an diese abgeben. Die innerhalb einer bestimmten Zeit freigesetzte Wärmeenergie tötet die unterschiedlichen Arten von Krankheitserregern allesamt ab. Bei der Sterilisation von Instrumenten mit Lumen besteht die Gefahr, dass sich Lufttaschen bilden, die in den Hohlräumen zurückbleiben, sodass der Dampf nicht eindringen kann. Die Folge wären unsterile Stellen in den Lumen der Instrumente. Nun kommt eins der Leistungsmerkmale eines Dampfsterilisators ins Spiel: Durch Vakuumtechnik wird die Luft aus der Sterilisationskammer abgesaugt, sodass der Dampf die Kammer vollständig ausfüllt. Dieser Prozess wird mehrfach wiederholt, um so viel Luft wie nötig aus der Kammer zu entfernen. Dadurch baut sich ein Vakuum auf und der im Gerät erzeugte Dampf kann sich in der Kammer ungehindert ausbreiten. Er erreicht alle Innen- und Außenflächen und dringt auch in kleine Lumen von Instrumenten ein, da diese nicht durch Lufttaschen blockiert werden. Kontinuierlich wird mehr Dampf in die Kammer geleitet, sodass der Druck im Inneren steigt. Dadurch bildet sich sogenannter gespannter Dampf und die Temperatur steigt auf bis zu 134 °C. Je höher Temperatur und Druck, desto schneller werden Krankheitserreger abgetötet. Die Sterilisationsdauer sinkt dadurch ganz erheblich.

Gut zu wissen: Vakuumsterilisatoren ermöglichen eine schnellere automatische und sichere Trocknung des Sterilguts in der Sterilisationskammer, da auch die Trocknung im Vakuum stattfindet. In der Abkühlphase werden Dampf und kondensierte Wassertröpfchen wiederholt aus dem Autoklav entfernt, was eine rasche und schonende Trocknung ermöglicht.

#whaims
aims.wh.com

W&H aims Advanced Infection prevention Management Solutions

Thermische Reduktion

Abtötung von Mikroorganismen

Die wichtigsten Fakten

- Hitze ist das zuverlässigste Mittel zur Inaktivierung/Abtötung von Mikroorganismen.
- Mikroorganismen zeigen in Bezug auf ihre Wärmetoleranz eine sehr große Variationsbreite.
- Die thermische Reduktion lässt sich mathematisch als logarithmischer Prozess beschreiben.

Hitze kann in Form feuchter oder trockener Hitze zur Inaktivierung bzw. Abtötung von **Mikroorganismen** eingesetzt werden. Beide Verfahren sind zuverlässig, aber feuchte Hitze ist wirkungsvoller, weil Dampf ein besserer Wärmeleiter ist als Luft und Proteine ihre Funktionsfähigkeit in feuchter Umgebung leichter einbüßen. Infolgedessen genügt eine weitaus kürzere Einwirkzeit und daher sollte nach Möglichkeit auf feuchte Hitze zurückgegriffen werden [1].

Hitzebeständigkeit von Mikroorganismen

Mikrobielle Spezies unterscheiden sich im Hinblick auf ihre Wärmetoleranz. Wichtige Variablen für die Hitzebeständigkeit von Mikroorganismen sind die Zusammensetzung der äußeren Membran, der Stoffwechsel und das Entwicklungsstadium des mikrobiellen Organismus. Die chemische Zusammensetzung der äußeren Membran unterscheidet sich nicht nur von Spezies zu Spezies, sondern auch je nach Entwicklungsstadium. Als Spore oder in Ruhephasen ist der Organismus beispielsweise in eine besondere Hülle eingeschlossen, die ihn vor äußeren Einflüssen schützt. Viren haben keinen eigenen Stoffwechsel und brauchen Wirtszellen zur Vermehrung. Es gibt also keine Stoffwechselaktivität, die gestört werden könnte. Außerdem sind Viren ohne äußere Proteinhülle im Gegensatz zu anderen Mikroorganismen widerstandsfähiger als behüllte Viren [2, 3].

Das Wirkprinzip der thermischen Abtötung

Wärme greift Proteine an. Proteine sind essenzielle Biomoleküle. Sie sind temperaturempfindlich und beginnen ihre Funktionsfähigkeit je nach Zusammensetzung und molekularer Bindung bei etwa 55 °C zu verlieren. Dieser Prozess heißt **Denaturierung** und basiert auf der Auflösung vorhandener und der Entstehung neuer Bindungen auf molekularer Ebene. Wird die ursprüngliche Struktur eines Proteins durch Denaturierung zerstört, kann sie nicht wiederhergestellt werden, sodass das Protein seine biologische Aktivität nicht wieder zurückgewinnt [1].

Die Überlebenskurve bei thermischer Abtötung und der D-Wert

Die Abtötung von Mikroorganismen durch Wärme bzw. Hitze ist ein zeit- und temperaturabhängiger Prozess und verläuft bei jedem Organismus nach einer individuellen Überlebenskurve, die sich als logarithmische Folge darstellen lässt (siehe auch **Logarithmen und Potenzierung**). Das heißt, die Anzahl lebensfähiger Bakterien sinkt bei einer bestimmten Temperatur um immer den gleichen Prozentsatz pro Zeiteinheit, unabhängig von der Bakterienanzahl. Ändert sich die Temperatur, so verlängert oder verkürzt sich die Haltezeit dementsprechend. Aus diesem Grund ist der Letalitätsgrad an jedem Punkt der Überlebenskurve gleich [2].

Auf der Grundlage dieser Abhängigkeit wurde der so genannte **D-Wert** definiert. Der D-Wert, auch „Dezimalreduktionszeit“ genannt, ist die notwendige Haltezeit bei einer bestimmten Temperatur zur Reduktion einer mikrobiellen Population um 90 %. Er hängt von den unterschiedlichen mikrobiellen Spezies und der Temperatur ab [2, 3] und dient als Parameter für die Evaluierung und Überwachung von Sterilisationsverfahren.

Bakterienspezies	Temperatur (°C)	D-Wert (Dezimalreduktionszeit)
Salmonella Typhi	65	1 s
Vibrio cholerae	65	3 s
Mycobacterium tuberculosis	75	5 s
Staphylococcus aureus	80	2 s
Bacillus anthracis	100	15 min
Bacillus stearothermophilus (Endosporen)	121 (121/134)	2-5 min (15/3 min)
Clostridium botulinum A und B	121	10-20 s
Endosporen des C. botulinum	120	20 min
Endosporen des C. tetani	134	3 min

Die Tabelle zeigt ausgewählte Bakterienspezies bzw. Entwicklungsstadien mit zugehörigem D-Wert bei bestimmten Temperaturen. Beispiel: Bei einer Temperatur von 65 °C sind 90 % einer Vibrio cholerae-Population nach 3 Sekunden vernichtet.

Literaturhinweise:
[1] ÖSGV Fachkundelehrgang: Weiterbildung Sterilgutversorgung – Grundlagen der Aufbereitung von Medizinprodukten
[2] „Thermal destruction of microorganisms“, Artikel von D. Goff, Universität von Guelph, Kanada
[3] ÖSGV Fachkundelehrgang: Weiterbildung Sterilgutversorgung – Grundlagen der Sterilisation
[4] Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie, Kapitel „Sterilisation und Desinfektion“

#whaims
aims.wh.com

Advanced Infection prevention Management Solutions

Welche Rolle spielt die Wasserqualität **bei der Wiederaufbereitung?**

In vielen Wiederaufbereitungsverfahren für Instrumente wird das Abspülen mit Wasser gefordert, um der Bildung von Verfärbungen, Flecken und sonstigen Spuren sowie der **Korrosion** entgegenzuwirken. Wird in den abschließenden Phasen des Reinigungs- und Desinfektionsprozesses (Abspülen und Desinfektion) anstelle von demineralisiertem Wasser normales Leitungswasser verwendet, kann es zu Ablagerungen auf der Beladung und infolgedessen zu Funktionsstörungen bei den Instrumenten kommen. Bei Berührung mit solchen Ablagerungen oder Proteinrückständen besteht Gefahr für die Gesundheit von Nutzer und Patient. **Demineralisiertes** Reinwasser bietet einen sehr guten Schutz vor Ablagerungen mineralischen Ursprungs und vor den damit einhergehenden Funktionsstörungen bei Instrumenten und Geräten.

Wasserqualität bei der Wasserdampfsterilisation
Bei der Wasserdampfsterilisation werden medizinische Instrumente mithilfe von gesättigtem Dampf sterilisiert.

Alle Produkte im Autoklaven müssen vollständig mit dem gesättigten Dampf in Berührung kommen. Dies ist die einzige Möglichkeit, Sterilität zu gewährleisten. Das gilt auch für verpackte Instrumente. In diesem Fall dringt der Wasserdampf in die Verpackung ein und kommt dort mit den Instrumenten in Berührung. Um Sterilität zu erreichen, muss das Wasser frei von Kontaminanten (wie zum Beispiel Chemikalien, Mineralien usw.) sein.

Auch Wasser von minderer Qualität (z. B. hartes Wasser) kann die Lebensdauer des Autoklaven oder der sterilisierten Instrumente erheblich verkürzen. Die regelmäßige Reinigung des Wassertanks und der Autoklavenkammer schützt ebenfalls vor zusätzlicher Kontamination und möglicher Korrosion der Dampf erzeugenden Bauteile des Autoklavs. Es gibt Normen (EN 13060/EN 285, ANSI/AAMI ST55 usw.) mit Informationen, wie die angestrebte optimale Wasserqualität durch geeignete Wasseraufbereitungsmaßnahmen erzielt werden kann.

Folgende Tabelle enthält Beispiele für mögliche Auswirkungen verschiedener Kontaminanten:

Kontaminanten	Wirkung
Metalle	Verfärbungen oder Flecken auf den Instrumenten, verminderte Wärmeübertragung (da der Dampf nicht direkt mit den Instrumenten in Berührung kommt)
Bakterien und deren Produkte	Endotoxinablagerungen mit negativen gesundheitlichen Folgen für den Patienten (z. B. gestörte Wundheilung)
Chloride	Behindern die Dampferzeugung, da sie zu Korrosion der Dampf erzeugenden Bauteile des Autoklaven führen
Ionen	Calcium- und Magnesiumsalze fallen aufgrund ihrer geringen Löslichkeit in warmem Wasser aus, führen zu Ablagerungen in der Kammer/auf den Instrumenten, verkürzen die Lebensdauer der Instrumente und des Autoklaven und beeinträchtigen die Wirkung des Dampfs
Ablagerungen wie Kalk oder Proteine	Ablagerungen, Kontaminationsgefahr, verkürzte Lebensdauer der Instrumente und des Dampfsterilisators

---

Mehrere Hersteller bieten **Wasseraufbereitungssysteme** an, die die relevanten Kontaminanten herausfiltern und demineralisiertes Wasser erzeugen. Darüber hinaus hängt die Qualität des Wasserdampfs in hohem Maße von einer weiteren Einflussgröße auf die Wasserqualität ab, nämlich der Wasserhärte. Wassertanks in Autoklaven müssen regelmäßig mindestens einmal pro Woche gereinigt werden, damit sich keine Partikel und Krankheitserreger ablagern können.

Literaturhinweise:
Europäische Norm EN 285:2006 (bitte auf aktuelle Version achten)
US-Norm ANSI/AAMI ST79:2006 (bitte auf aktuelle Version achten)