

# NIEDERTEMPERATUR FORMALDEHYDSTERILISATION (LTSF): RISIKEN UND ALTERNATIVEN

RYAN LEWIS MD, MPH

## HINTER- GRUND

Als Alternative zur traditionellen Dampfsterilisation bieten Niedertemperatur-Sterilisationstechnologien (LTS) eine Möglichkeit zur Sterilisation hitzelabiler Medizingeräte, ohne sie zu beschädigen. Es stehen mehrere LTS-Technologien zur Wahl. Eine Technologie, die Niedertemperatur-Dampf-Formaldehyd-Sterilisation (LTSF), nutzt Formaldehyd (FA) als Sterilisationsmittel.

Obwohl es in Ländern, in denen LTSF erlaubt sind, Normen für die Verwendung von FA gibt, bestehen aufgrund seiner hochtoxischen Natur weiterhin Bedenken hinsichtlich der potenziellen FA-Exposition im Gesundheitswesen<sup>1,2,3,4</sup>. In Bezug auf den Einsatz von FA bei der Sterilisation von Medizingeräten stellen sich zwei Fragen:

**1** GIBT ES WIRKLICH EIN SICHERES MASS AN FORMALDEHYD-EXPOSITION, DA ES BEKANNTERMASSEN SENSIBILISIEREND, ZYTOTOXISCH UND GENOTOXISCH IST?<sup>2,6,10</sup>

**2** GIBT ES BESSERE TECHNOLOGIEN, DIE LTSF ERSETZEN KÖNNEN, UM DAS RISIKO FÜR MITARBEITER DES GESUNDHEITSWESENS UND PATIENTEN ZU BESEITIGEN?

## DER WERT VON NIEDER TEMPERATUR- STERILISATIONS- TECHNOLOGIEN

Niedertemperatur-Sterilisationstechnologien (LTS) werden im Gesundheitswesen als Alternative zur Dampfsterilisation verwendet, um hitzelabile Medizinprodukte zu sterilisieren. Während Medizinprodukte bei der Dampfsterilisation hohen Temperaturen von 120°C bis 134° C ausgesetzt sind, ist bei LTS eine Sterilisation bereits bei viel niedrigeren Temperaturen, meist unter 60° C, möglich. Niedrigere Temperaturen verhindern Verschleiß und Beschädigung wiederverwendbarer Medizinprodukte wie flexibler Endoskope, robotergestützter Instrumente und ophthalmologische Instrumente<sup>6</sup>. Beispiele von LTS umfassen Wasserstoffperoxid-Gasplasma (HPGP), Ethylenoxid (EtO) und Niedertemperatur-Dampf-Formaldehydsterilisation (LTSF)<sup>6</sup>.

Damit eine LTS-Technologie sicher und wirkungsvoll ist, muss sie Sterilität unter Vermeidung von Berufsrisiken oder Rückständen am Sterilisationsgut erzielen können, die eine Überempfindlichkeitsreaktion auslösen oder Krebs verursachen können<sup>6,7</sup>. Zudem sollte das Sterilisationsmittel ein akzeptables Toxizitätsprofil aufweisen, das keine Überwachung in Bezug auf Umwelt oder chemische Rückstände erforderlich macht<sup>3,7,8</sup>.

## WARUM WIRD DER GEBRAUCH VON FORMALDEHYD ALLMÄHLICH ABGEBAUT?

Formaldehyd (FA), das bei LTSF eingesetzte Sterilisationsmittel, ist eine der bekanntesten Industriechemikalien weltweit, wird aber in unterschiedlichen Einsatzzwecken, wie bei Fabriken, öffentlichen Gebäuden, privaten Wohnräumen, Friseursalons und Einrichtungen des Gesundheitswesens, weiterhin als gesundheitsgefährdend angesehen<sup>1,8,9,10,11</sup>. Zum Schutz der öffentlichen Gesundheit arbeiten Regierungsbehörden an einer Reduzierung des Einsatzes von FA, um die Expositionswahrscheinlichkeit am Arbeitsplatz zu verringern<sup>2,4,9</sup>. In Krankenhäusern wird derzeit soweit wie möglich ein Ersatz durch andere Produkte empfohlen, um eine potenzielle FA-Exposition zu vermeiden<sup>2,4</sup>.

Wenige Länder gestatten den Einsatz von FA in LTSF.<sup>6</sup> In den Vereinigten Staaten hat die FDA LTSF nicht für den Gebrauch freigegeben<sup>6</sup>. Dies ist wahrscheinlich mit der sensibilisierenden und karzinogenen Wirkung von Formaldehyd verbunden<sup>2,6,10</sup>.

## WAS SIND DIE GESUNDHEITS- RISIKEN IN VERBINDUNG MIT EINER FORMALDEHYD- EXPOSITION IM GESUNDHEITSWESEN?

Hersteller von LTSF-Technologie werben für die Sicherheit von FA oft mit dem Argument, dass es Teil eines endogenen biochemischen Prozesses in unseren Körpern darstellt und von Natur aus in vielen unserer Lebensmittel und Getränke vorkommt<sup>12</sup>. Zwar mag dem so sein, Hopkinson und Schofield weisen jedoch darauf hin, dass FA je nach Konzentration, Art des ausgesetzten Gewebes, pH und oxidativem Stress sowohl als gutartiger Metabolit als auch als Genotoxin auftreten kann<sup>13</sup>. Selbst FA-Werte von nur 0,1 ppm (unter den gemäß EU-Normen zulässigen Limits) können Atemprobleme und Kopfschmerzen verursachen<sup>8,9,10</sup>. FA hat eine ätzende Wirkung auf Schleimhautoberflächen und gelangt leicht in die Blutbahn<sup>1,9</sup>. Studien haben ergeben, dass selbst eine kurzfristige Exposition innerhalb zulässiger FA-Mengen in der Lage ist, systemischen oxidativen Stress zu erzeugen, der das Risiko von Herz-Kreislauf-Problemen erhöhen kann<sup>1,2,14</sup>.

Die wichtigsten Bedenken bezüglich einer wiederholten FA-Exposition im Gesundheitswesen sind Sensibilisierung und Krebs<sup>8,9,10</sup>. Sensibilisierung bezieht sich auf Kontaktexposition entweder in den Luftwegen, auf anderen Schleimhäuten oder der Hautoberfläche, die bei überempfindlichen Personen Hautausschläge, Schwellungen/Ödeme, Asthma bis hin zum Tod verursachen können<sup>4,8,10</sup>. FA hat sich als genotoxisch in Menschen und Tiermodellen gezeigt und führt zu Chromosomschäden und Anomalien<sup>2,9,10,15,16</sup>.



## EXPOSITIONSWEGE IM GESUNDHEITSWESEN

Es gibt zwei Wege einer FA-Exposition in Verbindung mit LTSF, die Gefahren für Pflegepersonal und Patienten darstellen<sup>1,9</sup>. Der erste ist die umgebungsbedingte Exposition in der Nähe von LTSF-Ausrüstung<sup>17</sup>. Flüchtige, während LTSF luftübertragene FA können (selbst in niedrigen Konzentrationen) ein Arbeitsrisiko darstellen<sup>10,15</sup>. Der zweite Expositionsweg ist der Kontakt mit Haut oder Schleimhautoberflächen, der sowohl beim Pflegepersonal (z. B. bei verschütteten Reagenzien) als auch bei Patienten durch FA-Reste an LTSF-sterilisierten Medizingeräten eintreten kann<sup>4,7</sup>.

FA wurde mit arbeitsbedingtem Asthma in Verbindung gebracht<sup>4,15</sup>. Gannon et al. untersuchten die arbeitsbedingte FA-Exposition in Röntgen- und Endoskopie-Räumen in Großbritannien und kamen zu dem Schluss, dass FA berufsbedingtes Asthma sowie Rhinitis und Dermatitis auslösen kann<sup>15</sup>. Obwohl Studien zeigen, dass LTSF-Sterilisatoren nur niedrige FA-Umweltwerte abgeben (0,042 ppm), sind dennoch flüchtige FA in der Raumluft vorhanden und sensibilisierte Personen können bereits bei diesen niedrigen Mengen schädliche Wirkungen erleben<sup>12,15,17</sup>.

## WIE STEHT ES MIT FORMALDEHYDRESTEN AN STERILISIERTEN MEDIZINGERÄTEN?



In einer Studie über FA-Reste an medizinischen Kunststoffen und Medizintechnikprodukten nach einer LTSF stellten Kanemitsu et al. fest, dass einige für medizinische Anwendungen geeignete Materialien nach der Sterilisation eine größere Menge von FA-Resten aufweisen<sup>7</sup>. Beispielsweise zeigten Polyamid 6 und Polystyren (bei Medizingeräten häufig verwendete Materialien) eine Affinität zu FA mit Rückständen, die bis zu 22- bzw. 15-mal höher waren als bei der Filterpapierkontrolle<sup>7</sup>. Die Autoren wiesen darauf hin, dass übermäßige FA-Reste „für menschliches Gewebe schädlich sein können, weil Formaldehyd als giftig und krebserregend bekannt ist“<sup>7</sup>.

In Bezug auf montierte Medizinprodukte stellten die Autoren außerdem fest, dass nach der Behandlung von Sauerstoffschläuchen die FA-Werte den von der EU-Norm EN 14180 für LTSF festgelegten Grenzwert von 200 µg überschritten<sup>7</sup>. Dieses Ergebnis wirft die Frage auf, ob Medizinproduktemit großen Oberflächen oder langen Lumen, wie Endoskope, Restwerte aufweisen können, die die zulässigen Normen für Länder überschreiten, in denen LTSF erlaubt ist<sup>7</sup>.

Das Potenzial einer Sensibilisierung oder Genotoxizität von FA ist besonders bei Patienten bedenklich, die sich wiederholten Endoskopien unterziehen, da an Endoskopen nach einer LTSF FA-Reste zu finden sind<sup>7</sup>. Beispielsweise können Patienten mit Blasenkrebs, die sich wiederholten Zystoskopien mit Endoskopen oder anderen per LTSF sterilisierten Instrumenten unterziehen, einen wiederholten Kontakt erfahren, der zu Sensibilisierung und unter Umständen sogar zur Anaphylaxe führen könnte<sup>7,9</sup>.

Kanemitsu et al. kamen in einer Validierungsstudie für LTSF-Technologie zu dem Schluss, dass es „notwendig ist, das Maß an Formaldehydrückständen an Endoskopen nach der Sterilisation zu messen“<sup>18</sup>.

Viele Faktoren können sich auf die Menge der FA-Rückstände an LTSF-behandelten Medizinprodukte auswirken, wie Materialtyp, die Temperatur, mit der die LTSF erfolgt (bei 80° C wurden die geringsten Restmengen gefunden), Gesamtoberfläche des Geräts, Vorhandensein von Lumen, für die Sterilisation erforderliche Zykluszeit und relative Feuchtigkeit in der Kammer<sup>18</sup>. Die Frage nach FA-Rückständen an Medizinprodukten nach LTSF ist nicht unwesentlich.

Wie schon erwähnt könnten Patienten, die selbst Restmengen ausgesetzt sind, negative gesundheitliche Folgen erleben<sup>4,7,10,15</sup>. Zudem sind die höheren Temperaturen (80° C), die für die niedrigsten Restmengen erforderlich waren, wesentlich höher als die Temperaturgrenzwerte für andere LTS-Technologien wie HPGP (55° C)<sup>6,18</sup>. Diese höheren für LTSF erforderlichen Temperaturen könnten zu Verschleiß oder Beschädigung hitzelabiler Medizinprodukte und damit zu einer kürzen Lebensdauer führen<sup>18</sup>.

## KANN FORMALDEHYD DIE BIOFILMBILDUNG FÖRDERN UND PATIENTEN DEM RISIKO EINER PRIONENERKRANKUNG AUSSETZEN?

Einige chemische Sterilisationsmittel oder hochgradige Desinfektionsmittel wie FA und Alkohol haben gewebebefestigende Eigenschaften. Mit diesen Chemikalien entsteht das Risiko, biologisches Material einzuführen, das der Oberfläche eines Medizingeräts anhaftet<sup>2,19,20,21,22,23</sup>. Das macht die gründliche vorangehende Reinigung zu einem kritischen Schritt vor der LTSF, um zu verhindern, dass bei Exposition mit FA biologisches Material dem Medizinprodukt anhaftet. Alle biologischen Materialrückstände, die chirurgischen Geräten/Instrumenten anhaften, können als Konditionierungsfilm für die Förderung einer Biofilmbildung fungieren<sup>19,24</sup>.

Proteinreste an einem aufbereiteten Instrument werden als Hinweis für die Prionenprotein-Kontamination verwendet<sup>19</sup>. Aufgrund seiner mangelnden Wirksamkeit bei der Neutralisierung von Prionenprotein wird LTSF nicht zur Verwendung bei neurochirurgischen Geräten empfohlen<sup>22</sup>. Es gibt Hinweise darauf, dass mit FA-Lösungen behandelte Instrumente zur Übertragung der tödlichen Prionenerkrankung von einem Patienten auf den anderen führen können<sup>19,21,22</sup>.



# WIE FINDEN SIE EINE SICHERERE NIEDER-TEMPERATUR-ALTERNATIVE ZU LTSF

Ideale Merkmale für eine LTS-Plattform umfassen hohe Wirksamkeit, die Fähigkeit, eine Sterilisation schnell zu erreichen, die Fähigkeit, übliche Materialien von Medizinprodukten wie auch Innenräume und Lumen zu durchdringen, sowie ein günstiges Preis-Leistungs-Verhältnis und ein akzeptables Toxizitätsprofil<sup>6</sup>.

Die folgende Tabelle führt die Vor- und Nachteile von LTSF und HPGP auf. Obwohl LTSF vielleicht niedrigere Betriebskosten hat, ist FA hochgiftig und krebserregend<sup>1,2,3,4,6,9,10,13,16</sup>. Die Behandlungszeit ist länger als bei HPGP und erfordert höhere Temperaturen, die hitzelabile Geräte beschädigen können<sup>6,18</sup>. LTSF wird nicht für die Behandlung neurochirurgischer Instrumente empfohlen, da FA nicht gegen Prionen wirksam ist<sup>21,22</sup>. HPGP ist in vieler Hinsicht ideal, da es effektiv ein breites Spektrum von Mikroorganismen bekämpft, sehr schnell und bei niedrigeren Temperaturen wirkt, weniger toxisch als EtO oder FA und nicht krebserregend ist<sup>6</sup>. Der Nachteil besteht darin, dass es einige Sterilisationsbeschränkungen in Bezug auf Lumenlänge und -durchmesser mit sich bringt<sup>6</sup>. Außerdem ist HPGP für einige feuchtigkeitsempfindliche Materialien nicht geeignet<sup>6</sup>. Es ist davon auszugehen, dass die HPGP-Technologie weitere Fortschritte macht, um die Einschränkungen bei Lumenlänge und -durchmesser zu überwinden.

## SCHLUSS-FOLGERUNG



Formaldehyd ist eine hochgiftige Chemikalie mit karzinogenen und sensibilisierenden Eigenschaften. Obwohl LTSF-Zyklen sehr niedrige Mengen an FA in die Luft um den LTSF-Sterilisator abgeben, kann eine chronische Exposition gegenüber geringfügigen Mengen eine Sensibilisierung und gesundheitliche Konsequenzen für das Klinikpersonal darstellen. Der LTSF-Sterilisationsprozess kann FA-Rückstände auf Instrumenten hinterlassen. FA-Rückstände an Endoskopen können eine Gefahr für Patienten darstellen, insbesondere falls diese sich wiederholten Endoskopien unterziehen und sensibilisiert werden können, was zu anaphylaktischen Reaktionen führt. Wasserstoffperoxid ist wesentlich weniger giftig und nicht als krebserregend eingestuft. Insofern stellt HPGP nicht dieselben Gefahren für Klinikpersonal und Patienten dar wie LTSF. HPGP-Zyklen sind wesentlich kürzer und können viele Materialien und Geräte wirkungsvoll sterilisieren. Zukünftige Verbesserungen bei HPGP können zu einer besseren Penetration von Endoskop-Lumen und damit einer Erweiterung seiner Kapazitäten führen.

## MERKMALE VON LTSF GEGENÜBER HPGP TABELLE

MERKMAL	NIEDERTEMPERATUR-DAMPF-FORMALDEHYD-STERILISATION (LTSF)	WASSERSTOFFPEROXID-GASPLASMA-TECHNOLOGIE (HPGP)
WIRKSAMKEIT	Wirksam gegen vegetative Bakterien, Mykobakterien, B. atrophaeus, G.-stearothermophilus-Sporen, Candida albicans <sup>6</sup> Nicht wirksam gegen Prionen <sup>21,22</sup>	Wirksam gegen ein breites Spektrum von Mikroorganismen, einschließlich Bakteriensporen, Mykobakterien, Hefen, Pilzen, Viren <sup>6</sup>
ZYKLUSZEIT	153 Minuten <sup>6</sup>	28-60 Minuten (keine Belüftungszeit erforderlich) <sup>6</sup>
BEHANDLUNGSTEMPERATUR	60-80° C <sup>6</sup>	37-55° C <sup>6</sup>
MATERIALKOMPATIBILITÄT	Wärmeempfindliche medizinische Materialien <sup>6</sup>	>95% der medizinischen Materialien außer auf Zellulosebasis <sup>6</sup>
TOXIZITÄT DES CHEMISCHEN WIRKSTOFFS	Formaldehyd ist hochgiftig und krebserregend PEL (8-Stunden-TWA): 0,75 ppm (OSHA) <sup>10</sup> ; 0,3 ppm (SCOEL)	Wasserstoffperoxid ist giftig bei Einnahme oder Inhalation, es ist nicht krebserregend PEL (8-Stunden-TWA): 1 ppm (OSHA); 1 ppm (ECHA)
PREIS-LEISTUNGS-VERHÄLTNIS	Niedrige Kosten <sup>6</sup>	Mittlere Kosten <sup>6</sup>

PEL= US-Grenzwert für durchschnittliche Exposition; TWA= zeitlich gewichteter Durchschnitt; ppm= Teile von einer Million

- 1 | Aurgeneich, M., Stickford, J., Stute, N., Koontz, L., Cope, J., Bennett, C., & Ratchford, S. (2020). Vascular dysfunction and oxidative stress caused by acute formaldehyde exposure in female adults. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 1369-1379.
- 2 | Bellisario, V., Mengozzi, G., Grignani, E., Bugiani, M., Sapino, A., Bussolati, G., & Bono, R. (2016). Towards a formalin-free hospital. Levels of 15-F2t-isoprostane and malondialdehyde to monitor exposure to formaldehyde in nurses from operating theatres. *Toxicol Res*, 1122-9.
- 3 | Garcia-Haro, M., Bischofberger-Valdez, C. Vicente-Guijarro, J., Diaz-Agero Perez, C., Fabregate-Fuente, M., Moreno-Nunez, P., C. D., & Aranaz, J. M. (2020). Decontamination of filtering facepiece respirators using low-temperature-steam-2%-formaldehyde sterilization process during a pandemic: a safe alternative for re-use. *Journal of Hospital Infection*, 113-119.
- 4 | Weber, D. J., Consoli, S. A., & Rutala, W. A. (2016). Occupational health risks associated with the use of germicides in health care. *Am J Infect Control*, 85-9.
- 5 | Centers for Disease Control and Prevention. (6. Januar 2023). CDC Steam Sterilization. Abgerufen aus CDC Infection Control Disinfection and Sterilization: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/sterilization/steam.html>
- 6 | Centers For Disease Control and Prevention. (6. Januar 2023). CDC Low-Temperature Sterilization Technologies Other Sterilization Methods. Abgerufen aus CDC Infection Control Disinfection and Sterilization: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/sterilization/low-temp.html>
- 7 | Kanemitsu, K., Kunishima, H., Saga, T., Harigae, H., Imasaka, T., Hirayama, Y., & Kaku, M. (2003). Residual formaldehyde on plastic materials and medical equipment following low-temperature steam and formaldehyde sterilization. *Journal of Hospital Infection*, 361-4.
- 8 | Mucci, N., Dugheri, S., Rapisarda, V., Campagna, M., Garzaro, G., Farioli, A., . . . Arcangeli, G. (2019). Occupational exposure to airborne formaldehyde in hospital: setting and automatic sampling system, comparing different monitoring methods and applying them to assess exposure. *Med Lav*, 446-458.
- 9 | Centers for Disease Control and prevention. (20. Dezember 2022). ATSDR Medical Management Guidelines for Formaldehyde. Abgerufen aus ATSDR: <https://www.cdc.gov/TSP/MMG/MMGDetails.aspx?mmgid=216&toxoid=39>
- 10 | US-Arbeitsministerium OSHA. (23. Dezember 2022). OSHA Fact Sheet Formaldehyde. Abgerufen aus OSHA Fact Sheets: <chrome-extension://efaidnbmn-nibpcajpcjgclcfindmkaj/https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/formaldehyde-factsheet.pdf>
- 11 | Michigan Department of Labor and Economic Opportunity Michigan OSHA. (23. Dezember 2022). The Toxicology of Formaldehyde. Abgerufen aus The Toxicology of Formaldehyde- State of Michigan: [https://www.michigan.gov/-/media/Project/Websites/leo/Documents/MIOSHA2/cis\\_wsh\\_cet5028.doc?rev=43a38a4c518243b8a335136fc8a2da93#:~:text=Formalin%20\(aqueous%20formaldehyde\)%20is%20highly,Health\)%20concentration%20being%20100%20ppm.](https://www.michigan.gov/-/media/Project/Websites/leo/Documents/MIOSHA2/cis_wsh_cet5028.doc?rev=43a38a4c518243b8a335136fc8a2da93#:~:text=Formalin%20(aqueous%20formaldehyde)%20is%20highly,Health)%20concentration%20being%20100%20ppm.)
- 12 | Matachana Inc. (6. Januar 2023). Matachana LTSF-Download Brochure. Abgerufen aus Matachana Infection Control: <https://www.matachana.com/en/ltsf-2-lf-series/>
- 13 | Hopkinson, R., & Schofield, C. (2018). Deciphering Functions of Intracellular Formaldehyde: Linking Cancer and Aldehyde Metabolism. *Biochemistry*, 904-6.
- 14 | Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., . . . Bitto, A. (2017). Oxidative stress: harms and benefits for human health. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 1-13.
- 15 | Gannon, P., Bright, P., Campbell, M., O'Hickey, S., & Burge, P. (1995). Occupational asthma due to glutaraldehyde and formaldehyde in endoscopy and x ray departments. *Thorax*, 156-9.
- 16 | US-Ministerium für Gesundheit und Soziale Dienste. (23. Dezember 2022). Report on Carcinogens, Fifteenth Edition Formaldehyde CAS No. 50-00-0. Abgerufen aus National Toxicology Program Report on Carcinogens, Fifteenth Edition U.S. Department of Health and Human Services: <http://ntp.niehs.nih.gov/go/roc>
- 17 | Pelaez, B., Andrada, R., Barreales, L., Bombol, T., Fernandez, R., & Fereres, J. (2007). Study of environmental levels of formaldehyde emitted by a low temperature steam and formaldehyde (LTSF) sterilizer in the Hospital Clinico San Carlos. *Zentralsterilisation-Central Service*, 329-340.
- 18 | Kanemitsu, K., Ogawa, A., Hatori, T., Imasaka, T., Kunishima, H., Inden, K., . . . Kaku, M. (2005). Validation of low-temperature steam with formaldehyde sterilization for endoscopes, using validation device. *Gastrointestinal Endoscopy*, 928-932.
- 19 | Melo Costa, D., Oliveira Lopez, L., Hu, H., Ferreira Veiga Tipple, A., & Vickery, K. (2017). Alcohol fixation of bacteria to surgical instruments increases cleaning difficulty and may contribute to sterilization inefficacy. *American Journal of Infection Control*, e81-e86.
- 20 | Nerandzic, M., Antloga, K., Litto, C., & Robinson, N. (2021). Efficacy of flexible endoscope drying using novel endoscope test articles that allow direct visualization of the internal channel systems. *American Journal of Infection Control*, 614-621.
- 21 | PA Safety Authority. (2006). Patient Safety Advisory Bioburden on Surgical Instruments. Abgerufen aus Patient Safety PA.gov: [chrome-extension://efaidnbmn-nibpcajpcjgclcfindmkaj/https://collections.nlm.nih.gov/master/borndig/101727488/200603\\_20.pdf](chrome-extension://efaidnbmn-nibpcajpcjgclcfindmkaj/https://collections.nlm.nih.gov/master/borndig/101727488/200603_20.pdf)
- 22 | Rutala, W. A., & Weber, D. J. (2001). Creutzfeldt-Jakob Disease: Recommendations for Disinfection and Sterilization. *Healthcare Epidemiology*, 1348-1356.
- 23 | Kampf, G. F. (2014). Is peracetic acid suitable for the cleaning step of reprocessing flexible endoscopes? *World Journal of Gastrointestinal Endoscopy*, 390-406.
- 24 | Kanemitsu, K., Imasaka, T., Ishikawa, S., Kunishima, H., Harigae, H., Ueno, K., . . . Kaku, M. (2005). A comparative study of ethylene oxide gas, hydrogen peroxide gas plasma, and low-temperature steam formaldehyde sterilization. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 486-9.

# NIEDERTEMPERATUR FORMALDEHYDSTERILISATION (LTSF): RISIKEN UND ALTERNATIVEN

RYAN LEWIS MD, MPH

asp.com

**ASP** Advanced Sterilization Products

ASP International GmbH, Im Majorenacker 10,  
Schaffhausen Schweiz  
©ASP 2024. Alle Rechte vorbehalten.



ADVANCED STERILIZATION PRODUCTS, INC.  
33 Technology Drive, Irvine CA 92618, USA



ASP, Niederlande BV  
BIC 1, 5657 BX Eindhoven, Niederlande



0123