

Gefährliche Aldehyde: Formaldehyd & Co

Anwendung zur Nucleophilen Addition



LNCU.de
ID 27310
CC-BY-SA 4.0
Online abrufen

M1 Reinigung und Desinfektion: Achtung Aldehyde!

Formaldehyd wird häufig in der Sterilisation von hitzelabilen Medizingeräten eingesetzt, insbesondere in der Niedertemperatur-Dampf-Formaldehyd-Sterilisation (NTDF). Diese Methode ermöglicht eine Sterilisation bei niedrigeren Temperaturen, was den Verschleiß und die Beschädigung von wiederverwendbaren Medizinprodukten verhindert.

In Betriebsbesuchen stoßen BWG-Aufsichtspersonen immer wieder auf Reinigungs- und Desinfektionsmittel, die Aldehyde enthalten – dazu zählen Formaldehyd, Glutaraldehyd und Glyoxal. Neben ihrer desinfizierenden Wirkung können Aldehyde jedoch die Gesundheit der Beschäftigten beeinträchtigen, die mit ihnen umgehen.

(aus BWG-Magazin 1/2023)



Abb. 1: Niedertemperatur-Dampf-Formaldehyd-Sterilisator ¹

M2 Gefahrenpotential verschiedener Aldehyde

Methanal (Formaldehyd)	Ethanal (Acetaldehyd)	Propanal	Ethandial (Glyoxal)	Pentandial (Glutaraldehyd)
• reagiert mit Proteinen, DNA und anderen Zellbestandteilen, • neigt zur Polymerisation • wirkt vernetzend • krebserregend	• reagiert mit Proteinen, DNA und anderen Zellbestandteilen • krebserregend	mutagene Wirkung wird kontrovers diskutiert	• reagiert mit Proteinen, DNA und anderen Zellbestandteilen, • wirkt mutagen • krebserregende Wirkung wird "streng vermutet"	reagiert bei Kontakt mit Proteinen, DNA und anderen Zellbestandteilen und wirkt stark vernetzend.

Abb. 2: Beispiele für Aldehyde mit Gefahrenpotential.

M3 Mögliche Angriffsstellen für Aldehyde an Biomolekülen

An vielen Biomolekülen können Aldehyde angreifen und diese dadurch massiv in ihrer Funktion beeinträchtigen. Beispielhaft sollen ein DNA- und ein Enzymmolekül betrachtet werden.

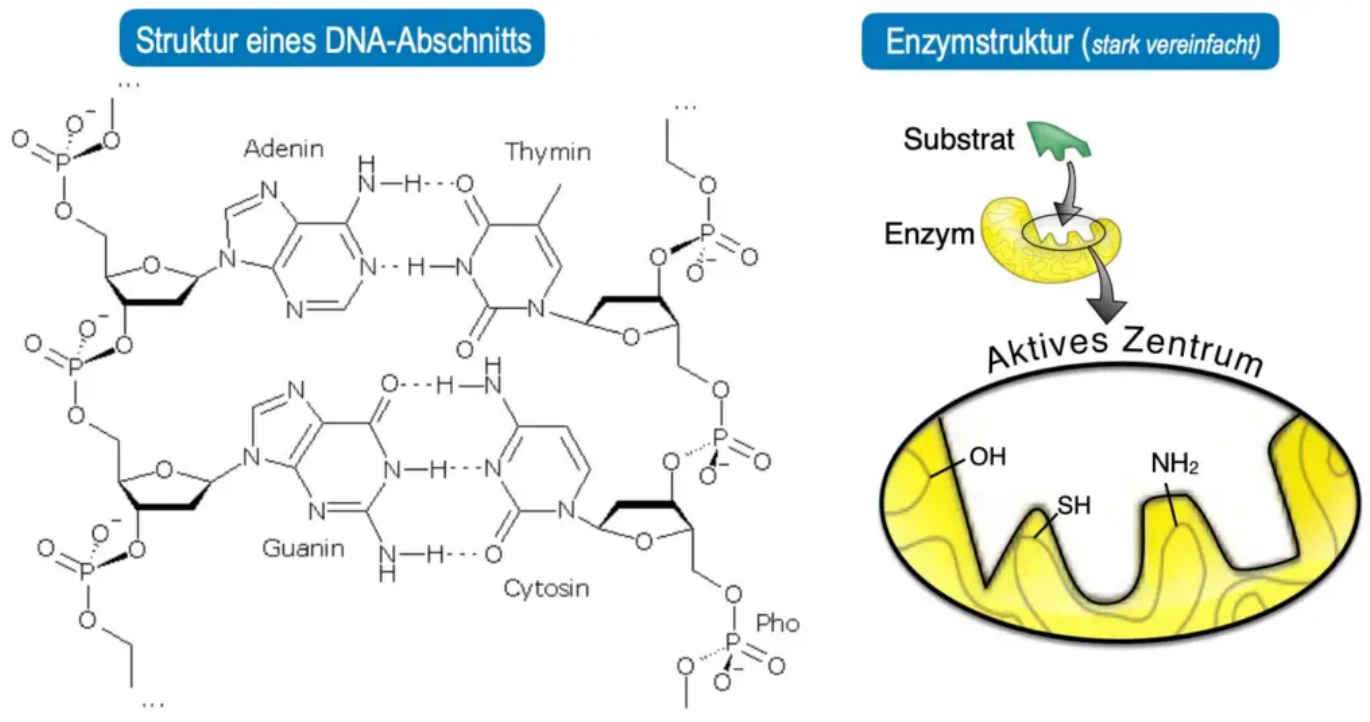


Abb. 3: Struktur des Ausschnittes aus einem DNA-Molekül und des aktiven Zentrums eines Enzyms.

Die gute desinfizierende Wirkung von Formaldehyd ist u. a. darauf zurückzuführen, dass Bakterien und Viren deutlich kleiner sind als menschliche Zellen.

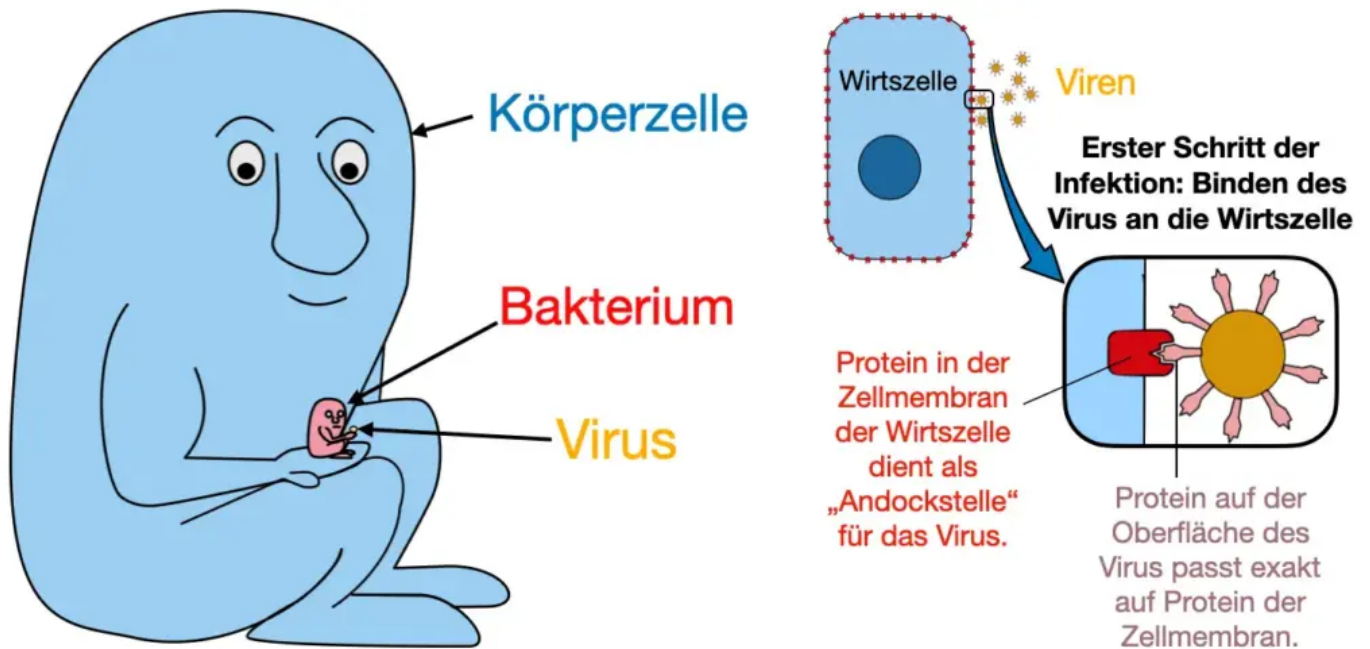


Abb. 4: Verdeutlichung des unterschiedlichen Größendimensionen von menschlichen Zellen, Bakterienzellen und Viren . ²

Glyoxal ist bekannt dafür, dass es besonders effektiv gegenüberliegende Basen (Adenin und Thymin bzw. Guanin und Cytosin) oder auch benachbarte Basen in der DNA miteinander verknüpft. Dieser Vorgang findet bei der Reaktion mit Glyoxal wesentlich häufiger statt als bei der Reaktion mit Formaldehyd.

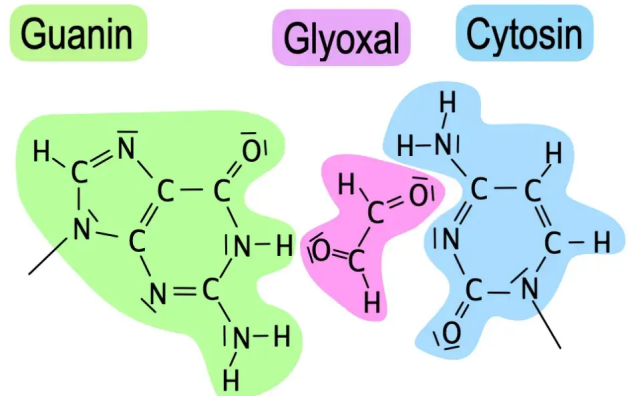


Abb. 5: Glyoxal vor der Reaktion mit Guanin und Cytosin

M4 Formaldehyd und Glutaraldehyd als Fixiermittel in der Histologie

Formaldehyd wird in der Histologie (Gewebekunde) häufig als sogenanntes Fixiermittel eingesetzt. Mit Fixiermitteln wird bei der Herstellung bzw. bei der Lagerung von mikroskopischen Präparaten verhindert, dass sich das biologische Material durch Verwesungsprozesse zersetzt und das Erscheinungsbild verändert. Fixiermittel sind Substanzen, die in Zellen eindringen und mit verschiedenen Zellbestandteilen (vor allem Proteinen, aber auch mit der DNA) reagieren, wodurch diese einerseits funktionsuntüchtig werden und zum anderen miteinander vernetzt werden, so dass sie ihre Lage nicht mehr verändern. Für Formaldehyd wird empfohlen, dass die zu fixierenden Gewebeproben nicht dicker als 4 mm sein sollen, da ansonsten das Eindringen der Formaldehyd-Moleküle bis in zentrale Bereiche der Probe zu lange dauert und Verwesungsprozesse im Innern das Präparats einsetzen. Für Glutaraldehyd, das besonders für elektromikroskopischen Untersuchungen eingesetzt wird, wird eine Schichtdicke von max. 1 mm empfohlen. Die folgende Abbildung zeigt stark schematisiert und vereinfacht, wie durch zugesetztes Formaldehyd die Proteine in den Membranen und im Cytoplasma (und die DNA im Zellkern) einer tierischen Zelle miteinander vernetzt werden.

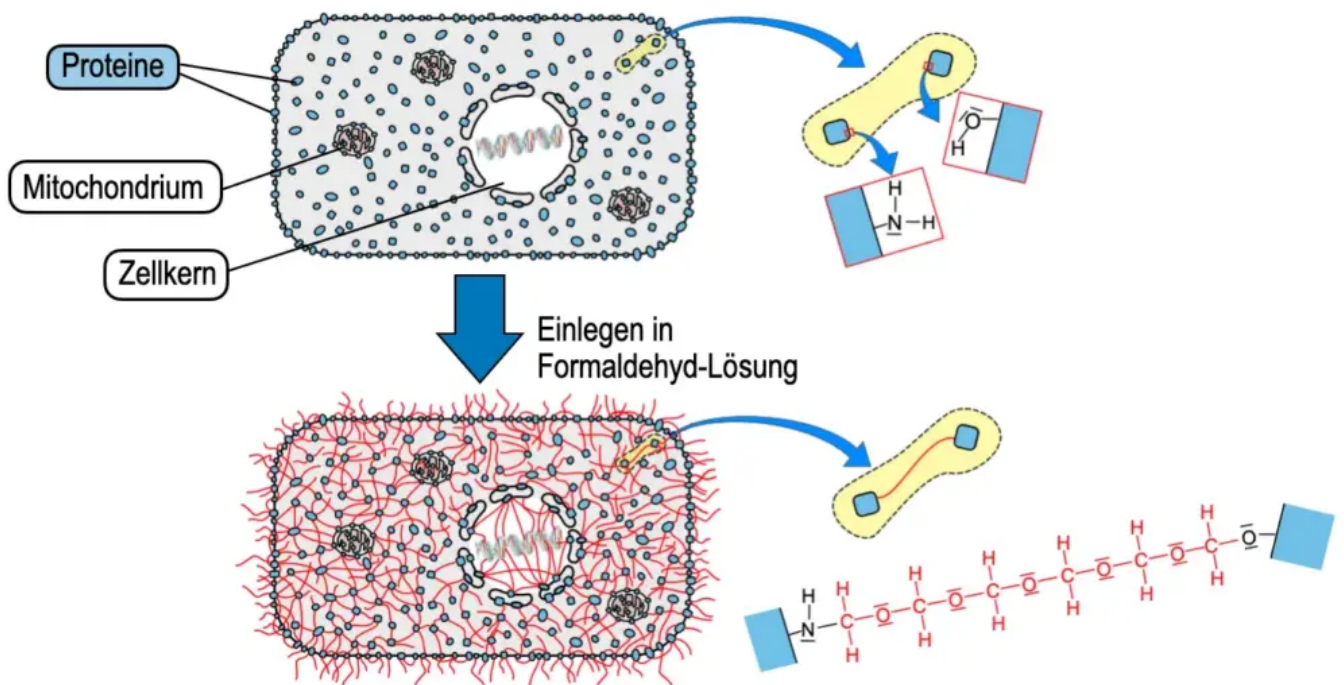


Abb. 6: Schematische Darstellung der Fixierwirkung von Formaldehyd in einer Zelle. ⁵

Die stärker vernetzende Wirkung von Glutaraldehyd im Vergleich zu Formaldehyd ist zum einen darauf zurückzuführen, dass das Molekül zwei Aldehydgruppen aufweist. Zum anderen kommt diese Wirkung dadurch zustande, dass Glutaraldehyd genau wie Formaldehyd Polymere bildet (in teilweise etwas komplexeren Reaktionen), diese aber eine größere Anzahl an möglichen Verbindungsstellen zu reaktiven Gruppen von Biomolekülen aufweisen.

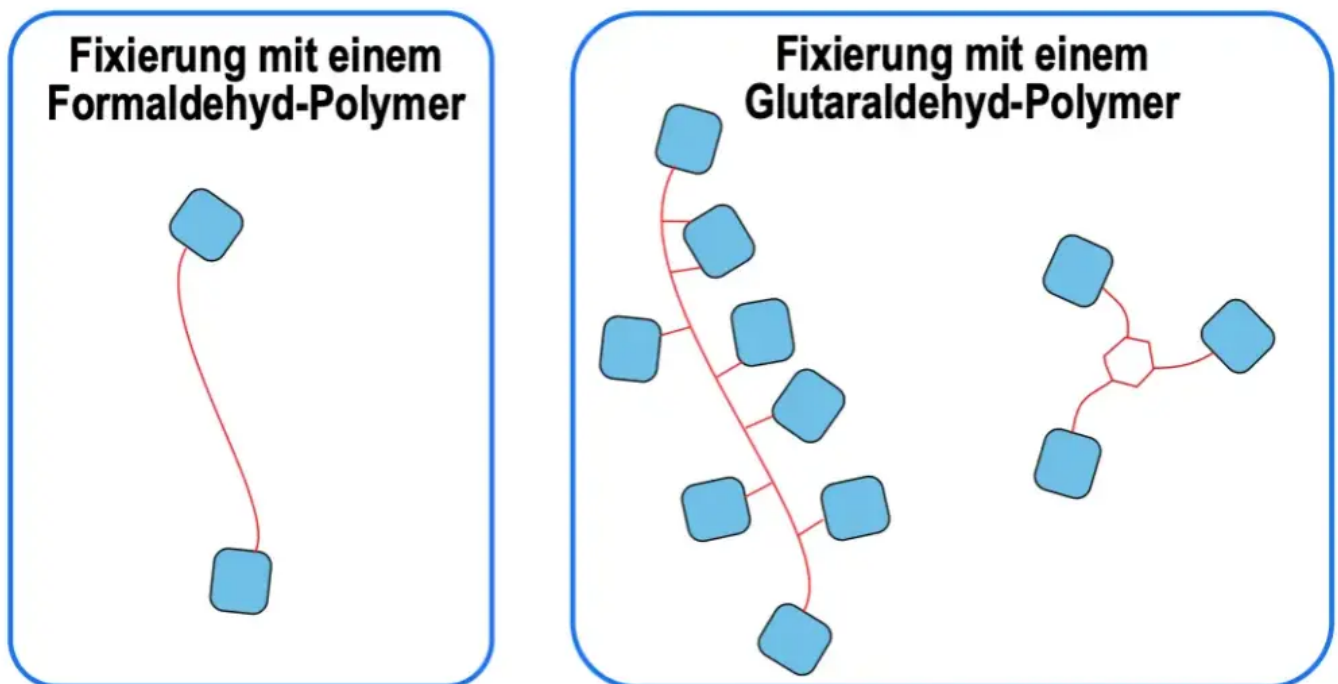


Abb. 7: Stark vereinfachte Darstellung der Fixierung von Proteinen mit Formaldehyd- bzw. Glutaraldehyd-Polymeren. ⁶



Aufgaben

- 1 Erklären Sie die Reaktion von Formaldehyd (analoge Reaktionen können prinzipiell auch mit anderen Aldehyden stattfinden) mit Amino-, Hydroxyl- oder Sulfhydryl-Gruppen von Biomolekülen und erläutern Sie, inwiefern dadurch die Funktionsfähigkeit dieser Moleküle beeinträchtigt wird. (M2)
- 2 Erklären Sie, warum Formaldehyd gerade für Bakterienzellen, die keinen die DNA schützenden Zellkern aufweisen und viel, viel kleiner sind als menschliche Zellen, tödlich ist. Wieso können Viren nach einer Formaldehyd-Behandlung keine Wirtszellen mehr infizieren?

- 3 Zeichnen Sie für das in M3 dargestellte Basenpaar (Guanin-Cytosin) das Reaktionsprodukt der Reaktion mit Glyoxal.
- 4 Erläutern Sie, wie es zu der in M4 dargestellten Vernetzung der Proteine durch Einwirkung von Formaldehyd kommt.
- 5 Glutaraldehyd kann auch zum Fixieren kleiner Präparate benutzt werden, allerdings sollten diese maximal nur 1 mm dick sein (im Gegensatz zu 4 mm bei der Verwendung von Formaldehyd). Erklären Sie die unterschiedlichen Empfehlungen.



Weitergedacht

- 6 Auch durch Formaldehyd wäre eine Vernetzung gegenüberliegender Basen in der DNA denkbar. Entwickeln Sie einen möglichen Reaktionsablauf.
- 7 Entwickeln Sie eine Reaktion zur Bildung der in M4 dargestellten Ringstruktur im Glutaraldehyd-Polymer. Als Eduktmoleküle werden 3 Glutaraldehyd-Moleküle benötigt.

Einzelnachweise

- 1 Bild KI-generiert;
Ein fotorealistisches Bild von einem Niedertemperatur-Dampf-Formaldehyd-Sterilisation-Gerät. Die Tür des Gerätes soll offen sein, so dass man in die „Sterilisations-Kammer“ hineinsehen kann.
- 2 Andreas Böhm, gezeichnet mit Affinity Designer
- 3 Andreas Böhm, gezeichnet mit Affinity Designer
- 4 linke Abbildung: https://en.wikipedia.org/wiki/DNA#/media/File:DNA_Structure+Key+Labelled.pn_NoBB.png; Lizenz: CC BY-SA 3.0
rechte Abbildung:
<https://en.wikipedia.org/wiki/DNA#/media/File:Dnaconformations.png>; Lizenz: CC BY-SA 4.0
- 5 Andreas Böhm, gezeichnet mit Affinity Designer
- 6 Andreas Böhm, gezeichnet mit Affinity Designer
- 7 Andreas Böhm, gezeichnet mit Affinity Designer
- 8 Andreas Böhm, gezeichnet mit Affinity Designer