



OFFENER ZUGANG

Veröffentlicht: 30. Juni 2023

Zitat: Georgiou G, Kotzé A, et al., 2023. Eradikation antibiotikaresistenter *E. coli*, *S. aureus*, *K. pneumoniae*, *S. pneumoniae*, *A. baumannii* und *P. aeruginosa* mit Chlordioxid *in vitro*, medizinisch Forschungsarchiv, [online] 11(6).

<https://doi.org/10.18103/mra.v11i7.2.4218>

Urheberrecht: © 2023 Europäische Gesellschaft für Medizin. Dies ist ein Open-Access-Artikel, der unter den Bedingungen der Creative Commons Attribution License verbreitet wird, die die uneingeschränkte Nutzung, Verbreitung und Reproduktion in jedem Medium erlaubt, sofern der ursprüngliche Autor und die Quelle genannt werden.

DOI

<https://doi.org/10.18103/mra.v11i7.2.4218>

ISSN: 2375-1924

FORSCHUNGSARTIKEL

Ausrottung antibiotikaresistenter *E. coli*, *S. aureus*, *K. pneumoniae*, *S. pneumoniae*, *A. baumannii* und *P. aeruginosa* mit Chlordioxid *in vitro*

George Georgiou – Hauptforscher – admin@docgeorge.com

Agnieszka Kotze – Forscherin – aggie.kotze@gmail.com

ABSTRAKT

Bakterielle Antibiotikaresistenzen (AMR) sind in allen Regionen ein Problem, wobei sechs Krankheitserreger für 73,4 % der auf bakterielle AMR zurückzuführenden Todesfälle verantwortlich sind, nämlich *Escherichia coli* (*E. coli*) und *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), *Klebsiella pneumoniae* (*K. pneumoniae*), *Streptococcus pneumoniae* (*S. pneumoniae*), *Acinetobacter baumannii* (*A. baumannii*) und *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*). Die Weltgesundheitsorganisation hat im Jahr 2021 einen globalen Aktionsplan zu AMR ins Leben gerufen, der immer noch aktiv ist – die Gesundheitskosten für AMR belaufen sich weltweit auf viele Milliarden Dollar. In einer von der britischen Regierung in Auftrag gegebenen Studie zur antimikrobiellen Resistenz wurde argumentiert, dass antimikrobielle Resistenzen bis 2050 jährlich 10 Millionen Menschen töten könnten und sich als eine der größten Bedrohungen für die öffentliche Gesundheit des 21. Jahrhunderts herausgestellt haben. Nur ein AMR-Erreger, *Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus* (MRSA), verursachte weltweit mehr als 100.000 Todesfälle, während die anderen vier in dieser Studie behandelten Krankheitserreger noch einmal ebenso viele Todesfälle verursachten. Diese Forschung konzentrierte sich auf die Untersuchung der Wirksamkeit von Chlordioxid bei der Ausrottung von fünf verschiedenen AMR-Bakterien *in vitro* als neuartige und wirksame Behandlung. In dieser Studie wurden unterschiedliche Chlordioxidkonzentrationen mit fünf antibiotikaresistenten Bakterien im Konzentrationsbereich von 1 bis 7 ppm verwendet. Desinfektionsstudien wurden mit Kontrollen verglichen und die Ergebnisse zeigten eine Desinfektion von mehr als 95 % bei Konzentrationen von 7 ppm. Chlordioxid ist ein gröÙenselektiver antimikrobieller Wirkstoff, der mikrometergroÙe Organismen schnell abtöten kann, viel gröÙeren Organismen wie Tieren oder Menschen jedoch keinen tatsächlichen Schaden zufügt, da es nicht tief in deren lebendes Gewebe eindringen kann. Es ist sicher, wenn es in geringen Konzentrationen für kurze Zeit verwendet wird. Es müssen klinische Studien durchgeführt werden, um Erfahrungen mit den besten Dosierungen und Protokollen zur Eliminierung antibiotikaresistenter Mikroorganismen aus dem Körper zu sammeln.

Einführung

Zu den fünf antibiotikaresistenten Bakterien, die wir in diese Forschungsstudie einbezogen haben, gehörten *Escherichia coli*, *Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* und *Pseudomonas aeruginosa*.

Die Weltbankgruppe warnte 2017 vor 2050

Im Vergleich zur Finanzkrise von 2008 könnten arzneimittelresistente Infektionen zu weltweiten wirtschaftlichen Schäden führen. AMR gefährden auch die Verwirklichung mehrerer nachhaltiger Entwicklungsziele der Vereinten Nationen, insbesondere der Ziele für Gesundheit und Wohlbefinden. 2

Die Krankenhauskosten wurden 2007 auf über 900 Millionen Euro geschätzt. 3 Die Kosten für ambulante Behandlungen beliefen sich auf 10 Millionen Euro, und der Produktivitätsverlust durch Arbeit betrug 150 Millionen Euro. Darüber hinaus wurde der Produktivitätsverlust aufgrund tödlicher Infektionen auf etwa 450 Millionen Euro pro Jahr geschätzt. Diese wirtschaftlichen Kosten werden erheblich höher ausfallen, wenn man die im Bericht 2019 unter „Globale Belastung durch bakterielle antimikrobielle Resistenz“ angegebenen Zahlen zugrunde legt. 4

Angesichts der weltweiten Verbreitung von AMR-Bakterien und der Tatsache, dass Antibiotika immer weniger wirksam sind, ist es wichtig, andere, natürlichere und neuartige Wege zur Ausrottung dieser Killer zu finden.

Chlordioxid ist eine sichere und wirksame Methode zur Beseitigung dieser AMR-Bakterien, ohne dass weitere Resistenzen entstehen.

Die Entdeckung neuer natürlich gewonnener antibakterieller Wirkstoffe mit neuen Wirkmechanismen hat weltweit weiterhin hohe Priorität. 5

Nachbehandlung antibiotikaresistenter Bakterien Es

wurden mehr als 150 Antibiotika entwickelt Seit der Entdeckung von Penicillin im Jahr 1940 und bei den meisten verfügbaren Antibiotika ist eine Resistenz gegen die behandelten Bakterien entstanden. 6 Auf dieser Grundlage könnte die Zahl der Todesopfer bis 2050 erschreckend hoch sein – alle drei Sekunden eine Person. Bakterien haben widerstanden Fast jedes Antibiotikum wurde in den letzten 50 Jahren entwickelt Jahre. 4

Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem Einsatz und der Prävalenz von Antibiotika, wobei die Raten in Ländern mit einem höheren Einsatz höher sind. 6 Unangemessen Verschreibung durch Ärzte, die falsch verschreiben Antibiotika gegen andere Infektionen, wie Virus- oder Pilzinfektionen, statt bakterieller Infektionen. Es gibt eine Hypothese, dass der übermäßige Einsatz von Antibiotika mit einer unsachgemäßen Verschreibung und Verabreichung einer Antibiotikatherapie zusammenhängt. 7 Der verantwortungslose Einsatz von Antibiotika ist das Kernproblem der Antibiotikaresistenz.

Der Einfluss von Antibiotika schwindet aufgrund der fortschreitenden Zunahme der Resistenzen bei allen antimikrobiellen Arzneimitteln. 8 Eine erhöhte Antibiotikaresistenz wird durch eine Kombination von Keimen verursacht, denen sie ausgesetzt sind

Antibiotika und die Ausbreitung dieser Keime und ihre Resistenzmechanismen. Antibiotika verlieren nicht nur an Wirksamkeit, sondern ihr Einsatz kann auch zu Dysbiose führen, insbesondere im Darm oder an Stellen mit Sekundärinfektionen. Die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit können katastrophal sein: Es hat sich gezeigt, dass die übermäßige Wiederverwendung von Antibiotika einen Großteil der natürlichen Darmflora zerstört. 9

Auch Pharmaunternehmen sind aus mehreren Gründen nicht bereit, in die Entwicklung von Antibiotika zu investieren niedrige Marktrenditen, Einschränkungen beim Einsatz von Antibiotika, wissenschaftliche Schwierigkeiten bei der Entwicklung von Antibiotika und das bestehende regulatorische Umfeld. 3 Der Weg, neue Antibiotika zu finden und sie zu Medikamenten zu entwickeln, ist lang und teuer. Es kostet 800 Millionen bis 1 Milliarde Dollar, ein neues Medikament auf den Markt zu bringen; Im Durchschnitt dauert es über zehn Jahre, bis man in die Klinik kommt. 8 Aufgrund des Zeitdrucks, dem wir im Kampf gegen AMR ausgesetzt sind, ist ein anderer Ansatz zur Erforschung von Alternativen zur Antibiotikatherapie erforderlich. Verglichen mit allen zugrunde liegenden Todesursachen in der Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study (GBD) 2019 wäre antimikrobielle Resistenz (AMR) die dritthäufigste Todesursache der GBD-Stufe 3 im Jahr 2019 gewesen, basierend auf dem kontrafaktischen Ergebnis von keine Infektion; Lediglich ischämische Herzkrankheiten und Schlaganfälle verursachten mehr Todesfälle als 10 Jahre. Darüber hinaus auftreten können viele nosokomiale Krankheitserreger pro Jahr durch die übliche Reinigung nicht beseitigt werden; Daher können sie über längere Zeiträume in Krankenhäusern, in der Raumluft und auf Oberflächen überleben und zur Übertragung von Infektionen beitragen. 11

Alternative Behandlungsmethoden stellen ein vielversprechendes Forschungsgebiet dar. Daher ist es unerlässlich, neue, neuartige Behandlungen von AMRs zu verfolgen, und dies ist die Grundlage dieser Forschung – der Einsatz natürlicher Substanzen zur Ausrottung von AMRs wie MRSA, *E. coli*, *S. aureus*, *K. pneumoniae*, *A. baumannii* und *P. aeruginosa*, die keinen weiteren Widerstand hervorrufen.

Die Entdeckung neuer natürlich gewonnener antibakterieller Wirkstoffe mit neuen Wirkmechanismen hat weltweit weiterhin hohe Priorität. 5

Natürliche antimikrobielle Mittel wurden erfolgreich bei der Behandlung von Bakterien¹² eingesetzt und waren im gesamten menschlichen Leben die Hauptquelle für Medikamente, was man nicht vergessen sollte. Naturprodukte, einschließlich Heilpflanzen, erfreuen sich auch heute noch großer Beliebtheit, da etwa 80 % der Weltbevölkerung im Rahmen ihrer Gesundheitsfürsorge auf pflanzliche Produkte und entsprechende Nahrungsergänzungsmittel angewiesen sind. 13

Naturprodukte wie *Rosmarinus officinalis*¹² und *Mangifera indica* L., Anacardiaceae, 14 antimikrobielle Peptide, ätherische Pflanzenöle und ihre Kombinationen haben sich als äußerst wirksam bei der Hemmung einer Vielzahl bakterieller Krankheitserreger erwiesen, einschließlich der fünf AMR-Bakterien in dieser Studie. fünfzehn

Diese Forschung untersucht die Ausrottung von antibiotikaresistenten MRSA, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* und *Pseudomonas aeruginosa* mit Ampullen von CDSpurey mit 2.990 ppm pro 5 ml Ampulle 16 Chlordioxid in vitro.

Bedeutung der fünf antimikrobiellen Resistenzen Bakterium

Acinetobacter baumannii

Acinetobacter baumannii umfasst gramnegative, streng aerobe, nicht fermentierende, nicht anspruchsvolle, nicht bewegliche, Katalase-positive und Oxidase-negative Bakterien. 22.23

Obwohl *A. baumannii* einen relativ geringen Prozentsatz aller Bakteriämie-Fälle ausmacht, ist die Multiresistenz bei diesem Bakterium weltweit ein Problem. 24 Weltweit handelt es sich bei über 71 % um Multidrug-Arten.

beständig. 25 In den Vereinigten Staaten waren 27 % der beatmeten Patienten mit einem multiresistenten *A. baumannii* besiedelt. 26 *A. baumannii* verwendet

Beanspruchung

Widerstand

Strategien, einschließlich chromosomaler β -Lactamasen, Effluxpumpen und Aminoglykosid-modifizierender Enzyme. Nach Exposition gegenüber menschlichem Serumalbumin reguliert *A. baumannii* die Transkription von β -Lactamasen hoch, was auf potenziell inhärente antimikrobielle Resistenzmechanismen im Serum hinweist. 27

Aufgrund der Häufigkeit von Infektionen und Ausbrüchen, die durch multiresistente *A. baumannii* verursacht werden, sind nur wenige Antibiotika zur Behandlung von durch diesen Erreger verursachten Erkrankungen wirksam. 28. Viele Berichte haben gezeigt, dass *A. baumannii* schnell eine Resistenz gegen antimikrobielle Mittel entwickelt, und es wurden multiresistente Stämme isoliert. 29 Auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat *A. baumannii* als einen Krankheitserreger mit kritischer Priorität eingestuft, der eine erhebliche Bedrohung für die menschliche Gesundheit darstellt und gegen den dringend neue Antibiotika benötigt werden. 30

Escherichia coli

E. coli ist unter den Stämmen, die Harnwegsinfekte und eine Bakteriämie von mehr als 50 % verursachen, häufig mehreren Klassen antimikrobieller Mittel resistent. 32 *E. coli* ist weltweit eine der Hauptursachen für Durchfallerkrankungen, Bauchfellentzündung, Kolitis, Bakteriämie, Kindersterblichkeit und Harnwegsinfektionen. Die Behandlung kostet Milliarden von Dollar und tötet jährlich etwa 2 Millionen Menschen. 33

E. coli ist ein vielseitiges gramnegatives Bakterium, das leicht zu finden und für natürliche und zufällige genetische Veränderungen zugänglich ist. 34 Es ist 1-3 x 0,4-0,7 μm groß und 0,6 bis 0,7 μm Volumen. 35

Klebsiella pneumoniae *K. pneumoniae*-Stämme werden üblicherweise als opportunistisch, hypervirulent (hyKp) oder multiresistent (MDR) klassifiziert. 36 Während die klassische *K. pneumoniae* (cKp) aus opportunistischen Stämmen besteht, die häufig mit nosokomialen Stämmen einhergehen

Bei Infektionen gelten die hypervirulenten Stämme als in der Gemeinschaft erworbene Bakterien, die Menschen jeden Alters, auch gesunde Menschen, infizieren können. 37,38 Die schnelle Ausbreitung multiresistenter *K. pneumoniae*-Stämme stellt eine große globale Gesundheitsbedrohung dar.

da diese Stämme für viele Krankenhausinfektionen mit hoher Morbidität und Mortalität verantwortlich sind.

Klebsiella-Pneumonie wird als gramnegatives, eingekapseltes und unbewegliches Bakterium beschrieben. 39

Methicillin-resistenter Staphylococcus Aureus (MRSA)

MRSA gilt als einer der gefährlichsten nosokomialen Krankheitserreger, der viele schwer behandelbare Infektionen in Krankenhäusern verursacht und wurde als Hospital Associated MRSA (HA-MRSA) bezeichnet. 40 In den letzten 20–25 Jahre lang war MRSA aus kommunalen Umgebungen isoliert, und so ist Community Associated MRSA (CA MRSA) entstanden. 40

MRSA kann verschiedene organspezifische Infektionen verursachen, wobei die Haut und das Unterhautgewebe am häufigsten betroffen sind, gefolgt von invasiven Infektionen wie Osteomyelitis, Meningitis, Lungenentzündung, Lungenabszess und Empyem. Eine durch MRSA verursachte infektiöse Endokarditis ist im Vergleich zu anderen Organismen mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität verbunden und steht im Zusammenhang mit intravenösem Drogenmissbrauch. 41 Methicillin-resistente Staphylokokken (MRSA) aureus sind grampositive Kokken, die sowohl Katalase- als auch Koagulase-positiv sind. 42

Pseudomonas aeruginosa

P. aeruginosa gehört zu den fünf Hauptursachen für nosokomiale Bakteriämie, die häufig zu einer Sepsis führt. 43

P. aeruginosa ist ein wichtiger gramnegativer opportunistischer Erreger, der viele schwere akute und chronische Infektionen mit hohen Morbiditäts- und Mortalitätsraten von bis zu 40 % verursacht. Was *P. aeruginosa* zu einem besonders herausfordernden Krankheitserreger macht, ist seine hohe intrinsische und erworbene Resistenz gegen viele der verfügbaren Antibiotika. 44

Es ist ein opportunistischer menschlicher Krankheitserreger, der viele lebensbedrohliche akute und chronische Infektionen verursachen kann, insbesondere bei Patienten mit geschwächter Immunabwehr. Dies ist besonders wichtig, da es die häufigste Ursache für Morbidität und Mortalität bei Patienten mit Mukoviszidose (CF) ist. Es ist eines der Top nosokomialen Krankheitserreger, die Krankenhauspatienten befallen und gleichzeitig gegen eine Vielzahl von Antibiotika resistent sind. Vier fünf

Chlordioxid (ClO₂) Antimikrobielles Chlordioxid

(ClO₂) ist ein gelbes bis rötlich-gelbes Gas, das sich in der Luft schnell zersetzen kann. 48

Chlordioxid hat ein Molgewicht von 67,452



g/mol und die Wasserlöslichkeit auf Meereshöhe beträgt 3,01 g/L (3000 ppm) bei 25 °C und 34,5 mm Hg. 49,50,51 Es ist ein wirksames Biozid bei Konzentrationen von nur 0,1 ppm und über einen weiten pH-Bereich. Selbst in kaltem Wasser ist es zehnmals löslicher als Chlor. 52 Chlordioxid hat ein geringeres Oxidationspotential als Ozon und Chlor. Der optimale pH-Wert liegt zwischen pH 6,0 und pH 10,0 und ist im Allgemeinen bei einem pH-Wert über 8,0 wirksamer gegen Mikroorganismen als Chlor. 53

Wenn es in Wasser reagiert, bildet es Chlorionen, eine sehr reaktive Chemikalie, die Bakterien und Mikroorganismen in jeder Lösung abtöten kann.

Chlordioxid tötet Bakterien, Viren und *Giardien* schnell ab und wirkt gegen *Cryptosporidium*. 52 Chlordioxid verbessert außerdem Geschmack und Geruch, zerstört Sulfide und Phenole, bekämpft Algen und neutralisiert Eisen- und Manganionen. Es ist ein wirksames Biozid bei Konzentrationen von nur 0,1 ppm und über einen weiten pH-Bereich.

Chlordioxid, Biofilme und Resistenz

Für den therapeutischen Einsatz eignet sich Chlordioxid besser, da es Biofilme durchdringen und beseitigen kann. Laut Simpson et al. (1993)⁵⁴ Chlordioxid kann Biofilme schnell entfernen, da es gut wasserlöslich ist. Im Gegensatz zu Ozon reagiert es nicht mit den extrazellulären Polysacchariden des Biofilms. Auf diese Weise kann Chlordioxid schnell in Biofilme eindringen und die im Film lebenden Mikroben erreichen und abtöten. Das Durchdringen von Biofilmen zur Vernichtung von Mikroorganismen ist sowohl für die Naturheilkunde als auch für die Schulmedizin eine echte Herausforderung.

Biofilm ist eine dreidimensionale Struktur, die von mikrobiellen Zellen gebildet wird, die unter verschiedenen physiologischen und umweltbedingten Faktoren, die noch identifiziert werden müssen, an biotischen oder abiotischen Oberflächen haften.

Darüber hinaus vermehren sich diese Zellen kontinuierlich und produzieren extrazelluläre Polymersubstanzen (EPS), die eine Matrix bilden, die diese Mikroben umhüllt.

Biofilme sind Aggregate mikrobieller Zellen, die von selbst produzierten Exopolysaccharidmatrizen auf biotischen oder abiotischen Oberflächen umhüllt sind. Biofilme bieten im Vergleich zu frei lebenden Zellen einen erheblichen Schutz gegen Antibiotika, die Immunabwehr des Wirts und widrige Umweltbedingungen. 55 Schätzungen zufolge werden 65–80 % der menschlichen Infektionen durch biofilmbildende Bakterien verursacht. 56

Schätzungen zufolge sind Biofilme 1000-mal resistenter gegen Antibiotika als frei lebende Zellen. 57 Das Zusammenspiel von Bakterienzellen und Umweltfaktoren löst die Bildung von Biofilmen aus.

Chlordioxid kann Biofilme durchdringen und beseitigen, ein erheblicher Vorteil gegenüber vielen Antibiotika, die dies nicht können.

Ein weiterer ganz wesentlicher Vorteil des therapeutischen Einsatzes von Chlordioxid gegenüber Antibiotika

ist, dass es bei Bakterien keine Antibiotikaresistenz hervorrufen kann. 58 Das Vorhandensein der vier Aminosäuren (Cystein, Methionin, Tyrosin und Tryptophan) und insbesondere Cystein und biologische Thiole spielen in allen lebenden Systemen, einschließlich Mikroben, eine entscheidende Rolle, sodass kein Mikroorganismus eine Resistenz gegen Chlordioxid entwickeln kann. 59

Chlordioxid dringt in die Zellwände von Bakterien ein und reagiert mit lebenswichtigen Aminosäuren im Zytoplasma der Zelle den Organismus töten. Das Nebenprodukt dieser Reaktion ist Chlorit, von dem bekannt ist, dass es keine nennenswerten Risiken für die Umwelt oder die menschliche Gesundheit darstellt.

Sicherheit und Wirksamkeit von Chlordioxid

Im Jahr 1967 registrierte die US-Umweltschutzbehörde EPA erstmals die flüssige Form von Chlordioxid zur Verwendung als

Desinfektionsmittel und Desinfektionsmittel. 49 Chlordioxid ist ein grössenselektiver antimikrobieller Wirkstoff, der mikrometergroße Organismen schnell abtöten kann, viel größeren Organismen wie Tieren oder Menschen jedoch keinen Schaden zufügen kann, da es nicht tief in deren lebendes Gewebe eindringen kann. 59 Chlordioxid kann nicht tief in das Gewebe größerer Organismen eindringen, und die Zirkulation größerer Organismen sorgt für eine konstante Versorgung mit Antioxidantien und bietet so Schutz

vor den Auswirkungen von Chlordioxid-Oxidantien. 60 Andere Untersuchungen haben gezeigt, dass Chlordioxid, ein starkes Oxidationsmittel, Mikroorganismen in Konzentrationen von 1 bis 100 ppm hemmen oder zerstören kann, wodurch eine starke antivirale Aktivität entsteht und > oder gleich 99,9 % der Viren innerhalb von 15 Sekunden zur Sensibilisierung inaktiviert werden. 61,62 Georgiou (2021)⁶⁵ zeigte in vitro erfolgreich die Wirksamkeit von Chlordioxid gegen MRSA mit einer Wachstumshemmung von 99,99 % bis 100 % bereits in geringen Konzentrationen.

Die laufende Forschung der Innerlight Biological Research Foundation untersucht seit vielen Jahren die klinische Verwendung von Chlordioxid, einschließlich unspezifischer Sporen, Bakterien und Viren

Anwendungen seit über fünfundzwanzig Jahren.⁶⁶ Umfangreiche klinische Anwendungen von Chlordioxid gegen Epstein-Barr-Virus (EBV), Cytomegalievirus (CMV); Hepatitis-Virus A; B; HIV (AIDS-Virus) und andere werden ständig eingesetzt. 66 Am 14. Oktober

2020 verabschiedete das BOLIVIEN Parlament einen Gesetzentwurf (Gesetz 1351)⁶⁷, der den Einsatz von Chlordioxid als Medikament gegen COVID 19 erlaubt. Chlordioxid wurde in Ländern wie Bolivien, Mexiko, Peru, Brasilien und anderen Ländern erfolgreich eingesetzt Kolumbien. In Bolivien wurde das Gesetz Nr. 1351 von 2020 (Amtsblatt von Bolivien, 2020) verabschiedet, das die Herstellung, Vermarktung, Lieferung und Verwendung der Chlordioxidlösung für genehmigte Prävention und Behandlung angesichts der COVID-19-Pandemie.

Kürzlich, im Jahr 2021, wurde eine Studie von Insignares Carrione⁵⁸ durchgeführt, um die Wirksamkeit von oralem Chlordioxid bei der Behandlung zu bestimmen. COVID-19 hat gezeigt, dass Chlordioxid bei der Behandlung von COVID-19 wirksam ist.

Chlordioxid besteht aus drei Atomen; Wissenschaftler nennen diese Bindung ein „instabiles“ oder „negativ geladenes“ Ion. Wenn sich diese Atombindung trennt, entsteht ein sehr kleiner subatomarer Energieimpuls. Dieser Impuls entsteht, wenn Chlordioxid Krankheitserreger im Körper umgeht. Es greift nur „saure“ und „anaerobe“ Mikroben (Viren, Bakterien, Pilze oder Parasiten) im Körper an und schadet dem Mikrobiom nicht. Diese Bakterien überleben nur ohne

Sauerstoff und enthalten viele pathogene Organismen.

66

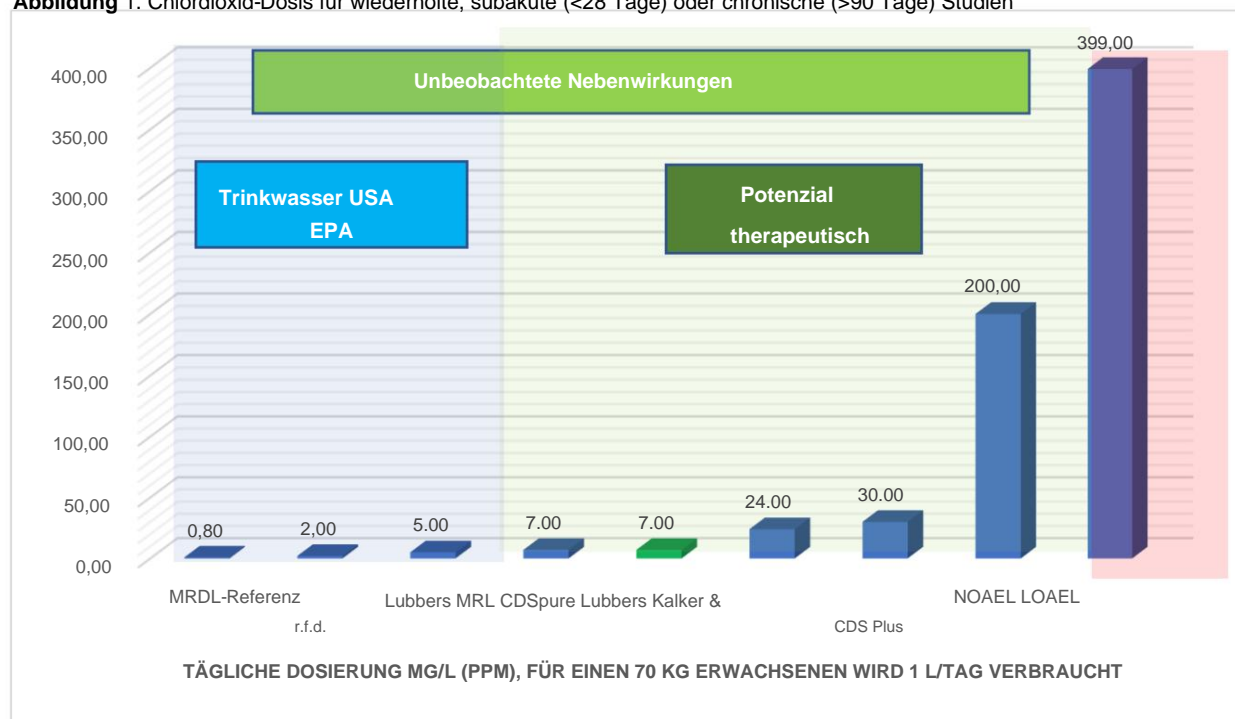
Anaerobe Organismen haben keine ausreichende Abwehr gegen den Angriff von Sauerstoff, insbesondere entstehenden Sauerstoff, entwickelt und erliegen schnell seiner tödlichen Wirkung. Alle gesunden Zellen, die Sauerstoff zum Leben benötigen oder „alkalisch“ sind, sind sicher. 69

Toxikologie von Chlordioxid

Abbildung 1 zeigt die Referenzwerte für die Trinkwasserdesinfektion der US-Umweltschutzbehörde (blaue Zone). Die Ebenen von

Die potenzielle therapeutische Wirksamkeit bei Versuchstieren ohne Toxizität wird im grünen Bereich angezeigt. Die toxischen Werte werden im roten Bereich (über 399 ppm) angezeigt. Der Wert von 5 ppm, der in dieser Studie 99 % oder mehr antibiotikaresistente Bakterien tötete, liegt im blau/grünen Bereich der Nulltoxizität.

Abbildung 1. Chlordioxid-Dosis für wiederholte, subakute (<28 Tage) oder chronische (>90 Tage) Studien



Chlordioxid wird dem Trinkwasser zugesetzt, um Menschen vor schädlichen Bakterien und anderen 49 Die meisten Menschen sind Mikroorganismen ausgesetzt. geringe Mengen Chlordioxid und Chlorit durch das Trinken von aufbereitetem Wasser, einschließlich Lebensmitteln, da es als Desinfektionsmittel in der Lebensmittelindustrie verwendet wird. Es gibt keine Hinweise darauf, dass Chlordioxid oder Chlorit die Fortpflanzung beim Menschen beeinträchtigen. Reproduktionsstudien an männlichen Tieren zeigen nicht durchweg Veränderungen der Spermatogenitätsindizes, abnormale Morphologie oder Motilität; Die berichteten Wirkungen treten jedoch bei höheren Dosen auf als die nachteiligen Auswirkungen auf die Entwicklung. Ebenso kommt es bei höheren Dosen zu Veränderungen der hämatologischen Parameter. Es wurden keine Informationen gefunden

zum Tod beim Menschen nach oraler Exposition gegenüber Chlordioxid. 49,69.

In einer Studie von Scatina tranken 70 freiwillige Probanden Chlordioxid in einer Lösung von bis zu 24 ppm und zeigten keine schädlichen Auswirkungen.

Methodik

Materialien und Methoden

In dieser Studie wurden fünf antibiotikaresistente Bakterien verwendet: *E. coli*, *S. aureus*, *K. pneumoniae*, *S. pneumoniae*, *A. baumannii* und *P. aeruginosa*.

Alle wurden von einem zertifizierten Labor bezogen (ATCC, Deutschland) 71 in einem gefrorenen Fläschchen und auf Blutagarplatten gezüchtet.

Den isolierten Kulturen wurde mit einer sterilisierten Öse in einem Safety-Gerät eine Probe jedes Bakteriums entnommen



Klasse-II-Schrank aus den Kulturplatten entnehmen und in sterile Röhrrchen mit 5 ml Tryptic Soy Broth (TSB) geben.

Diese Kulturröhrrchen wurden bei 37 Grad Celsius in einem Heraeus-Inkubator inkubiert. Sobald eine angemessene Anzahl erreicht war, wurden die Röhrrchen eingefroren und dann bis zur Verwendung in flüssigem Stickstoff bei -176 Grad Celsius gelagert.

Bakterien zählen

Bei der Quantifizierung von Bakterien im Labor ist es üblich, koloniebildende Einheiten zu zählen. Dies ist eine einfache Methode, die einen guten allgemeinen Überblick über die Lebensfähigkeit der Zellen gibt. Ein großer Nachteil besteht darin, dass es Tage dauert, bis Ergebnisse vorliegen, die je nach Probenvorbereitungstechnik und -bedingungen von Technologie zu Technologie unterschiedlich sein können.

In dieser Studie wurden Bakterienzahlen mit dem mikrobiellen Zellzähler QUANTOM Tx™ von Logos Biosystems ermittelt.⁷² Dabei handelt es sich um einen bildbasierten, automatisierten Zellzähler, der einzelne Bakterienzahlen innerhalb von Minuten identifizieren und zählen kann. Der QUANTOM Tx konzentriert sich automatisch auf mehrere Bilder fluoreszenzgefärbter Zellen, erfasst und analysiert sie, um Bakterienzellen mit hoher Empfindlichkeit und Genauigkeit zu erkennen. Es enthält einen hochentwickelten Zellerkennungs- und Declustering-Algorithmus, der genau funktioniert

Identifizieren Sie einzelne Bakterienzellen selbst in engsten Clustern. In diesen Experimenten verwendeten wir das Viable Cell Staining Kit, um lebende oder lebensfähige Zellen im Vergleich zu toten Zellen zu erkennen.

Um die Probe für den QUANTOM-Zähler vorzubereiten, wurden 10 Mikroliter (µl) des Kulturmediums mit einer zuvor kalibrierten elektronischen DLAB-Pipette entnommen und in ein sterilisiertes 1,5-ml-Eppendorf-Röhrrchen gegeben. Dazu wurden 2 µl Viable Cell Staining Dye gegeben, der 30 Minuten lang in einem Heraeus-Inkubator bei 37 Grad Celsius inkubiert wurde.

Zu dieser Probe haben wir 8 µl Puffer hinzugefügt, um das Fluoreszenzsignal zu verstärken.

Vorbereitung einer Chlordioxidlösung

Zur Herstellung des Chlordioxids wird eine 5-ml-Ampulle Chlordioxid namens CDS Pure® mit genau 2.990 ppm Chlordioxid (CAS 10049-) verwendet.

Für die Experimente wurde das von AQARIUS pro-life hergestellte Material (Nr. 04-41) verwendet.

Dies ist eine gebrauchsfertige, sterilisierte Chlordioxidlösung in einer versiegelten Glasampulle, die hochrein nanofiltriert, pH-neutral und chlorfrei ist.

Die Chlordioxidlösung (entmineralisiertes Wasser, Chlordioxid) enthält keine Rückstände, Silberionen oder Nanopartikel.

Da jede 5-ml-Ampulle genau 2.900 ppm Chlordioxid enthält, lässt sich leicht ermitteln, wie viele Milliliter benötigt werden. Die verwendeten Konzentrationen variierten zwischen 1 und 7 ppm

Chlordioxid. Die jeweils verwendeten Mengen = 1,667 µl CDS ppm = 3,344 µl; 3 ppm = 5.016 µl Pure®; 2 Konzentration betrug 1 µl; 4 ppm = 6.688 µl; 5 ppm = 8.336 µl; 6 ppm = 10.032 µl und 7 = 11.704 µl. Die Belichtungszeit war unerheblich ppm

da die Desinfektion sofort und innerhalb von Sekunden erfolgte. In diese Röhrrchen wurde Chlordioxid in unterschiedlichen Konzentrationen gegeben. Die im Experiment verwendete 5-ml-CDS-Konzentration von Chlordioxid lag zwischen 1.667 µl (1 ppm) und 11.704 µl (7 ppm), wurde mit einer elektronischen DLAB-Pipette in die Röhrrchen gegeben und für jedes Bakterium vorsichtig gemischt.

Für jedes Versuchsröhrrchen wurde außerdem ein Kontrollröhrrchen aus dem gleichen Kulturmedium hergestellt.

Entsprechend der Menge an Chlordioxid, die in das Versuchsröhrrchen gegeben wurde, wurde die gleiche Menge destilliertes Wasser in das Kontrollröhrrchen gegeben, um den Verdünnungsfaktor konstant zu halten.

Aus diesen Kontroll- und Versuchsröhrrchen wurden 6 µl der Probe mit einer elektronischen Pipette entnommen und auf die M50-Zellzählobjektträger gegeben. Die Objektträger wurden für 8 Minuten bei 300 RCF (Relative Zentrifugalkraft) in die QUANTOM-Zentrifuge gegeben und dann in den mikrobiellen Zellzähler von QUANTOM gegeben, um eine Basismessung (Kontrolle) und eine weitere Messung aus dem Versuchsröhrrchen durchzuführen.

Die optimalen Einstellungen des QUANTOM Mikrobienzellzählers für die verschiedenen Bakterien wurden entsprechend der Form und Größe der verschiedenen Bakterien eingestellt, um die Zählung zu optimieren.

Ergebnisse

Um das Desinfektionspotenzial von Chlordioxid auf die fünf Arten antibiotikaresistenter Bakterien in dieser Studie zu bewerten, wurden 5-ml-Ampullen CDSpure® verwendet wurden durchgehend verwendet, da diese Ampullen eine standardisierte Konzentration von 2.990 ppm enthalten. Die Konzentrationen lagen zwischen 1 ppm und 7 ppm, in Schritten von 1 ppm.

Die Kontroll- und Versuchsproben bei den verschiedenen Konzentrationen wurden in dreifacher Ausfertigung durchgeführt, wobei jeweils ein Mittelwert gebildet wurde. Diese Werte wurden mit der Kontrollprobe ohne verglichen CDSpure® Chlordioxid.

Im Allgemeinen wurde bei allen fünf Bakterienstudien eine Desinfektion von mehr als 95 % bei der maximalen Konzentration von 7 ppm Chlordioxid erzielt, wobei einige Arten bei niedrigeren Konzentrationen von 4 – 7 ppm ausgerottet wurden (t-Test, p<0,01).

Lassen Sie uns in den folgenden Tabellen und Abbildungen jede Bakterienart einzeln untersuchen.

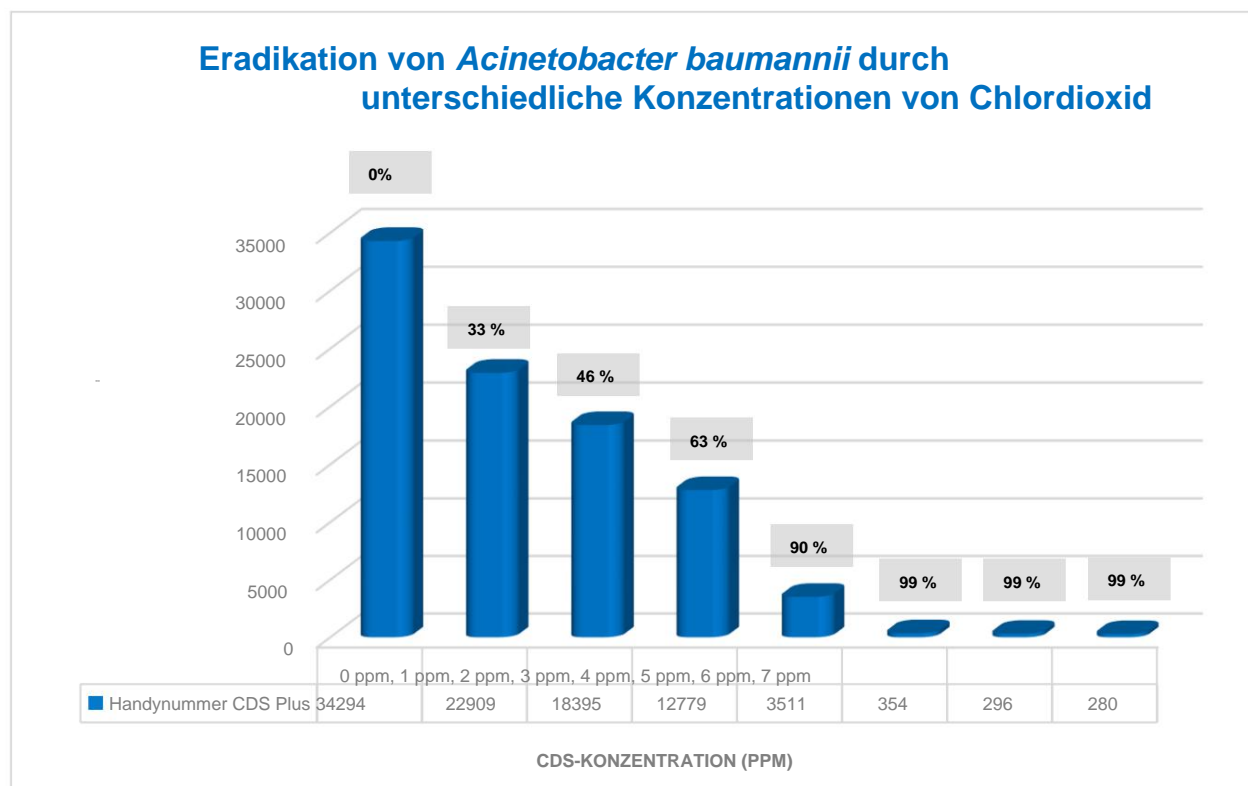
Desinfektion von *Acinetobacter baumannii*

Bei *Acinetobacter baumannii* erfolgte eine 99-prozentige Desinfektion bei 5, 6 und 7 ppm Chlordioxid-Konzentrationen (t-Test, p<0,01) (Tabelle 1, Abbildung 2).

Tabelle 1: Vergleich der Bakterienzahlen von *Acinetobacter baumannii* vor und nach Chlordioxid-Exposition.

CDS-Konzentration (ppm)	CDS-Konzentration (µl)	Zellkonzentration (Zellen pro ml)			Größe (µm)		Handynummer		Unterschied in der Zellzahl	% Unterschied in der Zellzahl			
		c.	ec	EC	c.	ec							
0 ppm	0	1.19E+09	1.19E+09	1.1	1,1	34293	34293	0	1,1	34293	0		
1 ppm	1,67	1.19E+09	7.95E+08	1.1	22909	11384	1,1	34293	18395		33,20		
2 ppm	3,34	1.19E+09	6.39E+08	1.1	15898	1,1	34293	12779	21514		46,36		
3 ppm	5,02	1.19E+09	4.44E+08	1.1	1,19E+09	1,22E+08	1,1	0,9	34293		62,74		
4 ppm	6,69	3511	30782	1.19E+09	1.23E+07	1.1	0,8	34293	353	1.19E+09	1.03E+07	89,76	
5 ppm	8,36	1.1	0,7	34293	295	1,19E+09	4,21E+07	1,1	0,7	34293	279	33940	98,97
6 ppm	10,03											33998	99,14
7 ppm	11,71											34014	99,19

C = Kontrolle; E = Experimentell

Abbildung 2. Vergleich von Kontrolle vs. Experimentelles Experiment mit *Acinetobacter baumannii coli* unter Verwendung von Chlordioxid in unterschiedlichen Konzentrationen**Escherichia coli-Infektion**

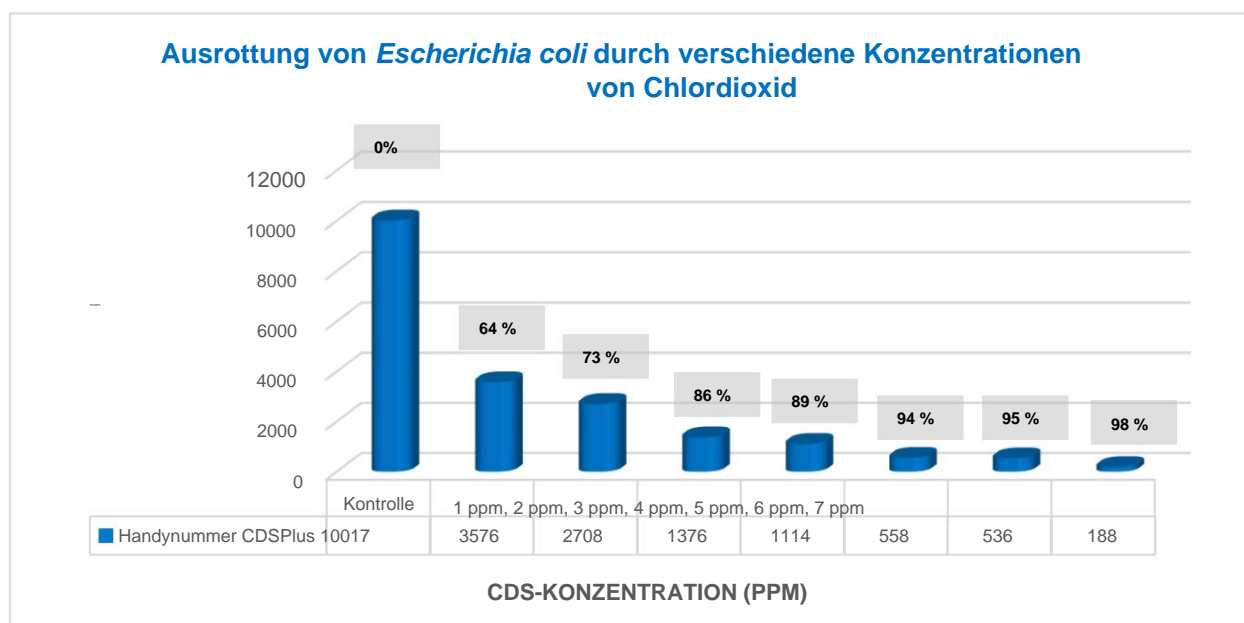
Bei den *E. coli* ergab sich eine > 98 %ige Desinfektion bei einer Chlorkonzentration von 7 ppm (t-Test, $p < 0,01$) (Tabelle 2, Abbildung 3).

Tabelle 2: Vergleich der Bakterienzahlen von *Escherichia coli* vor und nach Chlordioxid-Exposition.

CDS-Konzentration (ppm)	CDS-Konzentration (µl)	Zellkonzentration (Zellen pro ml)		Größe (µm)		Handynummer		Unterschied in der Zellzahl	%Unterschied in Zellzahl						
		c.	e.	c.	e.	c.	e.								
0 ppm,	0	4.16E+00	4.16E+00	1.8	1.8	10017	10017	0	4.16E+00	8.09E+07	1.8	1.8		0	
1 ppm,	1,67	10017	3576	6441	4.16E+00	6.16E+07	1.8	1.9	10017	2708	73	09	4.16E+00	64.30	
2 ppm,	3,34	3.18E+07	1.8	1.9	10017	1376	8641	4.16E+00	2.16E+07	1.8	1.9	10017	114	8903	72.96
3 ppm,	5,02													86,27	
4 ppm,	6,69													88,88	
5 ppm,	8,36	4.16E+00	1.14E+07	1.8	1.9	10017	558						9459	94,43	
6 ppm,	10,03	4.16E+00	3.82E+06	1.8	1.9	10017	536	4.16E+00	2.87E+05	1.8	1.8		9481	94,65	
7 ppm	11,71	10017	188										9829	98.12	

C = Kontrolle; E = Experimentell

Abbildung 3. Vergleich von Kontrolle vs. Experimentelles Experiment mit *Escherichia coli* unter Verwendung von Chlordioxid in unterschiedlichen Konzentrationen



Klebsiella pneumoniae-Infektion

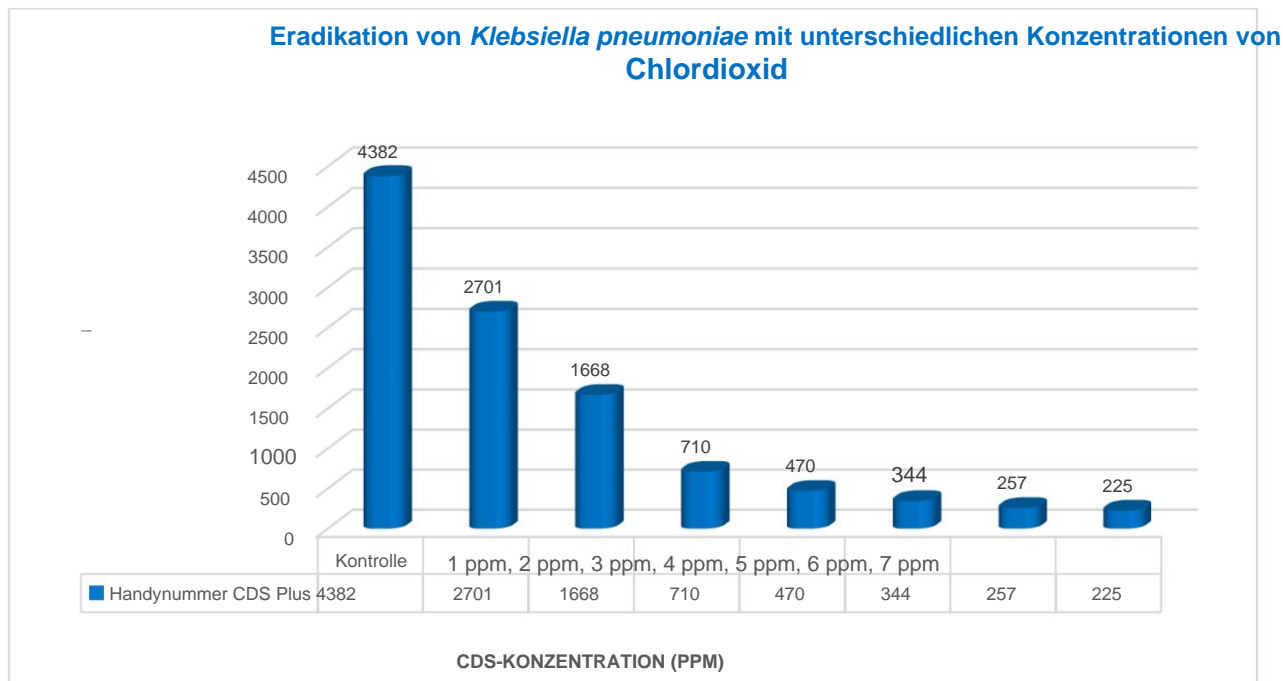
Beim Bakterium *K. pneumoniae* ergab sich eine > 94 %ige Desinfektion bei einer Chlorkonzentration von 6 und 7 ppm (t-Test, $p < 0,01$) (Tabelle 3, Abbildung 4).

Tabelle 3: Vergleich der Bakterienzahlen von *Klebsiella pneumoniae* vor und nach Chlordioxid-Exposition.

CDS-Konzentration (ppm)	CDS-Konzentration (µl)	Zelle Konzentration (Zellen pro ml)		Größe (µm)		Handynummer		Unterschied in der Zellzahl	% Unterschied in der Zellzahl	
		c.	e.	EC		c.	e.			
0 ppm,	0	1.03E+08	1.03E+08	1.1		1,1	4382	4382	0	0
1 ppm,	1,67	1.03E+08	6.25E+07	1.1		1.1	4382	2701	1681	38,36
2 ppm,	3,34	1.03E+08	3.86E+07	1.1		1,2	4382	1668	2714	61,94
3 ppm,	5,02	1.03E+08	1.64E+07	1.1		1,2	4382	710	3672	83,80
4 ppm,	6,69	1.03E+08	1.06E+07	1.1		1.1	4382	470	3912	89,27
5 ppm,	8,36	1,03E+08	6,72E+06	1,1	0,9	4382	344	4038		92,15
6 ppm,	10,03	1,03E+08	5,97E+06	1,1	0,8	4382	257	4125		94,14
7 ppm	11,71	1,03E+08	3,82E+06	1,1	0,8	4382	225	4157		94,87

C = Kontrolle; E = Experimentell

Abbildung 4. Vergleich von Kontrolle vs. Experimentelles Experiment mit *Klebsiella pneumoniae* unter Verwendung von Chlordioxid in verschiedenen Konzentrationen



Desinfektion von Methicillin-resistentem *Staphylococcus Aureus* (MRSA).

Beim MRSA ergab sich eine > 99 %ige Desinfektion bei einer Chlorkonzentration von 4 – 7 ppm (t-Test, p<0,01)

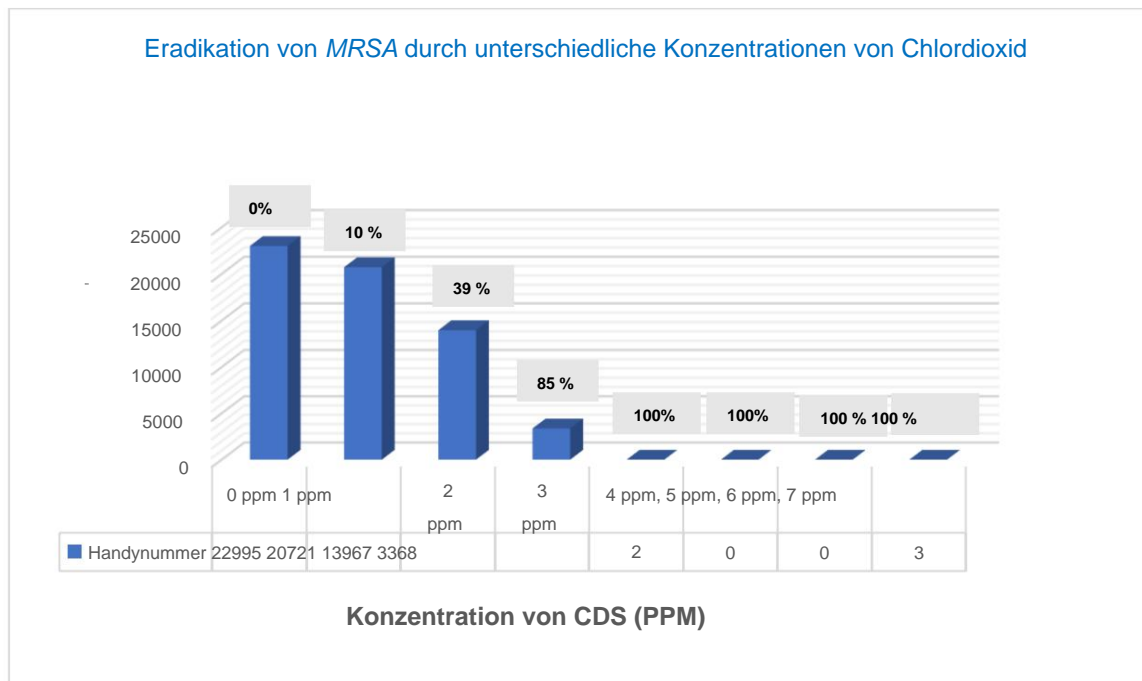
(Tabelle 4, Abbildung 5).

Tabelle 4: Vergleich der MRSA-Bakterienzahlen vor und nach Chlordioxid-Exposition

CDS-Konzentration (ppm)	CDS-Konzentration (µl)	Zellkonzentration (Zellen pro ml)		Größe (µm)		Handynummer		Unterschied in der Zellzahl	%Unterschied in Zellzahl
		c.	—	c.	—	c.	—		
0 ppm	0	5,32E+08	5,32E+08	2,6	2,6	22995	22995	0	0
1 ppm	1,67	5,32E+08	4,80E+08	2,6	2,1	22995	20721	2274	9,89
2 ppm	3,34	5,32E+08	3,24E+08	2,6	1,6	22995	13967	9028	39,26
3 ppm	5,02	5,32E+08	7,80E+07	2,6	1,1	22995	3368	19627	85,35
4 ppm	6,69	5,32E+08	3,47E+04	2,6	0,8	22995	2	22993	99,99
5 ppm	8,36	5,32E+08	0,00E+00	2,6	0,0	22995	0	22995	100,00
6 ppm	10,03	5,32E+08	0,00E+00	2,6	0,0	22995	0	22995	100,00
7 ppm	11,71	5,32E+08	6,95E+04	2,6	1,1	22995	3	22992	99,99

C = Kontrolle; E = Experimentell

Abbildung 5. Vergleich von Kontrolle vs. Experimentelles Experimentieren mit MRSA unter Verwendung von Chlordioxid in unterschiedlichen Konzentrationen



Desinfektion von *Pseudomonas aeruginosa*

Beim Bakterium *P. aeruginosa* ergab sich eine >95 %ige Desinfektion bei einer Chlorkonzentration von 7 ppm (t-Test, $p < 0,01$) (Tabelle 5, Abbildung 6). Diese Forschung zeigt, dass Chlordioxidlösung eine wirksame natürliche Substanz ist, die alles ausrotten kann

die Spezies antibiotikaresistenter Bakterien, die getestet wurden. Die Konzentrationen von Chlordioxid, die erforderlich sind, um eine Desinfektion von 95 % oder mehr für die fünf antibiotikaresistenten Bakterien zu erreichen, liegen zwischen 4 und 7 ppm und liegen damit innerhalb potenziell sicherer Grenzen (siehe Abbildung 1).

Abbildung 6. Vergleich von Kontrolle vs. Experimentelles Experiment mit *Pseudomonas aeruginosa* unter Verwendung von Chlordioxid in verschiedenen Konzentrationen

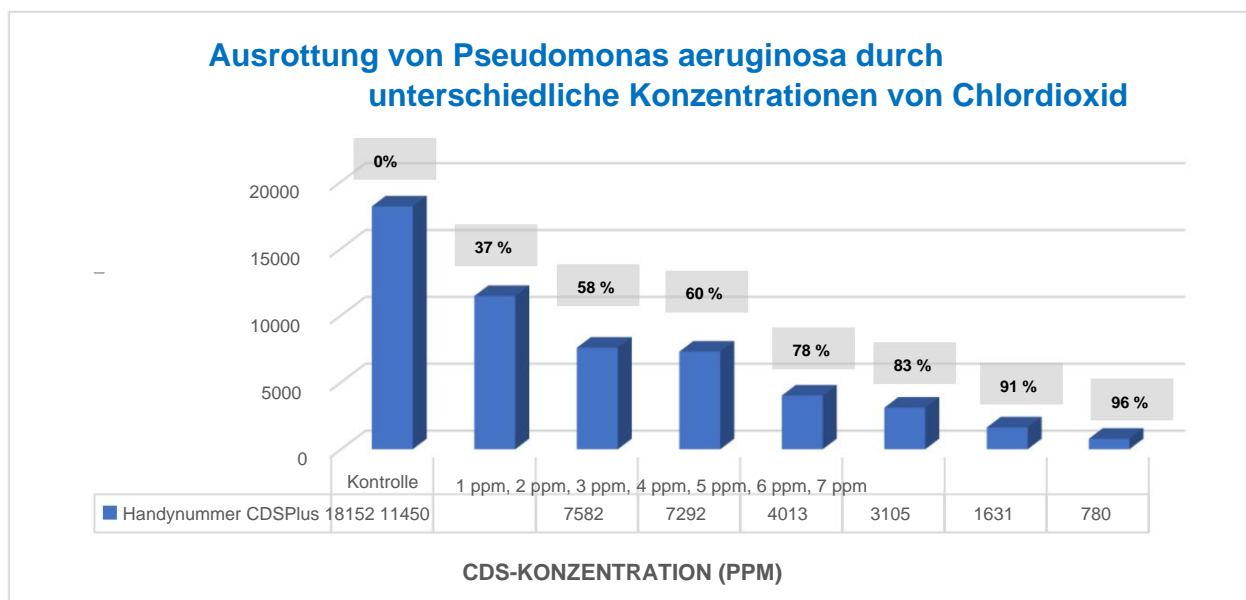


Tabelle 5: Vergleich der Bakterienzahlen von *Pseudomonas aeruginosa* vor und nach Chlordioxid-Exposition.

CDS-Konzentration (ppm)	CDS-Konzentration (µl)	Zellkonzentration (Zellen pro ml)		Größe (µm)		Handynummer		Unterschied in der Zellzahl	%Unterschied in Zellzahl	
		C.	E.	C.	E.	C.	E.			
0 ppm,	0	4,26E+08	4,26E+08	2,5	2,5	18152	18152	0	0	
1 ppm,	1,67	4,26E+08	2,66E+08	2,5	2,5	18152	11450	6702	36,92	
2 ppm,	3,34	4,26E+08	1,76E+08	2,5	2,6	18152	7582	10570	58,23	
3 ppm,	5,02	4,26E+08	1,60E+08	2,5	2,5	18152	7292	10860	59,83	
4 ppm,	6,69	4,26E+08	8,67E+07	2,5	2,5	18152	4013	14139	77,89	
5 ppm,	8,36	4,26E+08	5,28E+07	2,5	2,3	18152	3105	15047	82,89	
6 ppm,	10,03	4,26E+08	3,68E+07	2,5	2,2	18152	1631		16521	91,01
7 ppm	11,71	4,26E+08	1,80E+07	2,5	2,4	18152	780		17372	95,70

C = Kontrolle; E = Experimentell

Diskussion

Der Anstieg antibiotikaresistenter Bakterien stellt weltweit eine erhebliche Bedrohung für die öffentliche Gesundheit dar. Diese widerstandsfähigen Bakterien haben Resistenzen gegen Antibiotika Infektionen entwickelt, was die Behandlung herkömmlicher immer schwieriger macht und zu einer

Anstieg der Sterblichkeitsraten und höhere Gesundheitskosten. Die gemeldete jährliche Sterblichkeitsrate wird bis 2050 Schätzungen zufolge 10 Millionen Menschen aufgrund antibiotikaresistenter Krankheiten übersteigen und damit die Zahl der Krebstodesfälle übersteigen. 1,2,3,4 Dies stellt eine ernsthafte Bedrohung für die globale Gesundheit dar, da einst schnell behandelte Infektionen nun zu längeren Krankheiten führen können, was zu großem Leid und einer Belastung für das Gesundheitssystem führt.

Die Auswirkungen der Forschung nach alternativen Ansätzen zur Ausrottung antibiotikaresistenter Bakterien können nicht unterschätzt werden. Diese Forschung kann durch Folgendes Leben auf globaler Ebene retten:

1. Verbesserte Patientenergebnisse: Mit alternativen Strategien können Infektionen, die einmal als unheilbar gelten, wirksam behandelt werden. Durch die erfolgreiche Bekämpfung antibiotikaresistenter Bakterien können diese Ansätze die Patientenergebnisse verbessern, Morbiditäts- und Mortalitätsraten senken und Menschen, die von resistenten Infektionen betroffen sind, wieder Hoffnung geben.
2. Reduzierte Gesundheitsbelastung: Die wachsende Belastung durch antibiotikaresistente Infektionen belastet die Gesundheitssysteme weltweit. Durch die Suche nach alternativen Wegen zur Resistenzbekämpfung kann die Belastung der Gesundheitsressourcen verringert werden, was zu einer höheren Effizienz, kürzeren Krankenhausaufenthalten und geringeren Gesundheitskosten führt.
3. Prävention von Epidemien: Wenn resistente Bakterien nicht bekämpft werden, können sie weitverbreitete Epidemien verursachen. Die Erforschung alternativer Ansätze bietet die Möglichkeit, die Entstehung und Ausbreitung resistenter Stämme zu verhindern, letztendlich die öffentliche Gesundheit zu schützen und großflächige Ausbrüche zu verhindern.
4. Diversifizierung der Behandlungsmöglichkeiten: Neuartige und natürliche Behandlungen bieten Alternativen

Ansätze zur Bekämpfung von Antibiotikaresistenzen.

Sie erweitern das Spektrum der Behandlungsmöglichkeiten, die Gesundheitsdienstleistern zur Verfügung stehen, und stellen sicher, dass sie über mehrere Instrumente zur Bekämpfung resistenter Infektionen verfügen. Diese Diversifizierung erhöht die Chancen auf erfolgreiche Behandlungsergebnisse und trägt dazu bei, die Einschränkungen herkömmlicher Antibiotika zu überwinden.

5. Überwindung von Resistenzmechanismen: Antibiotika-Bakterien entwickelt, haben resistente, ausgeklügelte Mechanismen um den Wirkungen herkömmlicher Antibiotika zu entgehen. Neuartige und natürliche Behandlungen bieten das Potenzial, Bakterien auf verschiedenen Wegen anzugreifen, bestehende Resistenzmechanismen zu umgehen oder zu überwinden, einen neuen Ansatz zur Bekämpfung resistenter Stämme zu bieten und die Wahrscheinlichkeit eines Behandlungsversagens zu verringern.
6. Reduzierte Nebenwirkungen und Toxizität: Viele herkömmliche Antibiotika haben Nebenwirkungen und können für den Körper giftig sein, vor allem bei längerer Anwendung. Natürliche Behandlungen wie Chlordioxid können ein geringeres Toxizitätsprofil und weniger Nebenwirkungen bieten.

Dies ist besonders vorteilhaft für gefährdete Bevölkerungsgruppen wie Kinder, schwangere Frauen und ältere Menschen, die möglicherweise anfälliger für die Nebenwirkungen herkömmlicher Antibiotika sind.

7. Erhaltung der Darmmikrobiota: 9 Herkömmliche Antibiotika stören häufig das Gleichgewicht nützlicher Bakterien im Darm, was zu Dysbiose und möglichen langfristigen gesundheitlichen Folgen führt. Neuartige und natürliche Behandlungen können gezielte Ansätze bieten, die schädliche Bakterien selektiv eliminieren und gleichzeitig die Vielfalt und Funktion der Darmmikrobiota bewahren. Diese Erhaltung ist von entscheidender Bedeutung, da ein gesundes Darmmikrobiom eine entscheidende Rolle für die Immunfunktion, die Verdauung und das allgemeine Wohlbefinden spielt.

8. Nachhaltige und umweltfreundliche Lösungen: Die Herstellung und Verwendung herkömmlicher Antibiotika kann negative Auswirkungen auf die Umwelt haben, einschließlich der Entwicklung antibiotikaresistenter Stämme in der Umwelt.

Natürliche Behandlungen stammen häufig aus erneuerbaren Quellen wie Pflanzen oder mikrobiellen Verbindungen, die nachhaltig hergestellt werden können.

Darüber hinaus haben diese Behandlungen möglicherweise nur minimale Auswirkungen auf die Umwelt, da sie häufig leichter abgebaut werden, wodurch das Risiko langfristiger ökologischer Schäden verringert wird.

9. Potenzial für Kombinationstherapien: Natürliche Behandlungen können mit herkömmlichen Antibiotika oder anderen alternativen Therapien kombiniert werden, um synergistische Effekte zu erzielen und die Behandlungsergebnisse zu verbessern. Dieser Ansatz ermöglicht personalisierte und maßgeschneiderte Behandlungspläne und optimiert den potenziellen Nutzen jeder Behandlungsmodalität. Kombinationstherapien können bei der Bekämpfung resistenter Bakterien wirksamer sein, die Behandlungszeit verkürzen und die weitere Entwicklung von Resistenzen verhindern.

10. Zugängliche und erschwingliche Behandlungsmöglichkeiten: Der Zugang zu herkömmlichen Antibiotika kann in vielen Teilen der Welt begrenzt oder unerschwinglich sein. Natürliche Behandlungen, die aus lokal verfügbaren Ressourcen gewonnen werden, bieten möglicherweise leichter zugängliche und erschwinglichere Möglichkeiten zur Behandlung resistenter Infektionen. Dies kann erhebliche Auswirkungen auf die globale Gesundheit haben, insbesondere in ressourcenbeschränkten Umgebungen, in denen die Belastung durch Antibiotikaresistenzen hoch ist.

Auf der Suche nach wirksamen Alternativen hat sich Chlordioxid als vielversprechende Lösung zur Ausrottung antibiotikaresistenter Bakterien herausgestellt. Es funktioniert, indem es die Zellstrukturen von Bakterien zerstört und so verhindert, dass sie sich vermehren und weiteren Schaden anrichten.

Vorteile von Chlordioxid

Chlordioxid hat sich als vielversprechende Waffe im Kampf gegen diese widerstandsfähigen Krankheitserreger erwiesen. Sein breites Wirkungsspektrum, seine Restwirksamkeit, die verringerte Resistenzwahrscheinlichkeit und seine Umweltsicherheit machen es zu einem unschätzbar wertvollen Instrument zur Ausrottung antibiotikaresistenter Bakterien. Indem wir Chlordioxid als Teil umfassender Strategien zur Infektionskontrolle einsetzen, können wir die mit diesen Infektionen verbundenen Sterblichkeitsraten erheblich senken, die öffentliche Gesundheit schützen und das wachsende Problem der Antibiotikaresistenz angehen.

Der Einsatz von Chlordioxid bei der Behandlung antibiotikaresistenter Mikroorganismen bietet viele Vorteile, wie zum Beispiel:

Spektrumaktivität: Chlordioxid hat sich als wirksam gegen viele Bakterien erwiesen, einschließlich MRSA

und andere antibiotikaresistente Stämme. Seine Fähigkeit, die bakterielle Zellwand anzugreifen und wichtige Stoffwechselprozesse zu stören, zeichnet es als wirksames antimikrobielles Mittel aus.

Restwirksamkeit: Bei herkömmlichen Desinfektionsmitteln weist Chlordioxid eine Restwirkung auf, die Oberflächen auch nach der ersten Anwendung schützt. Diese Restaktivität ist in Gesundheitseinrichtungen, in denen Oberflächen beschädigt werden können, von entscheidender Bedeutung schnell kontaminiert und bietet einen hartnäckigen Schutz gegen die Besiedlung und Übertragung von Bakterien.

Reduzierte Wahrscheinlichkeit der Resistenzentwicklung: Der Wirkungsmechanismus von Chlordioxid verringert die Wahrscheinlichkeit, dass Bakterien Resistenzen entwickeln. Im Gegensatz zu herkömmlichen Antibiotika, die auf bestimmte Bakterienbestandteile abzielen, greift Chlordioxid mehrere Zellstrukturen gleichzeitig an, wodurch es für Bakterien schwieriger wird, Resistenzmechanismen zu entwickeln.

Beseitigung von Biofilmen: Forschungsstudien haben gezeigt, dass Chlordioxid in Biofilme eindringt und diese beseitigt. Es wird geschätzt, dass Biofilme 1000-mal antibiotikaresistenter sind als frei lebende Zellen.⁵⁷

Umweltsicherheit: Chlordioxid ist für sein günstiges ökologisches Profil bekannt. Es zerfällt in harmlose Nebenprodukte und hinterlässt keine giftigen Rückstände. Diese Eigenschaft stellt sicher, dass der Einsatz zu Desinfektionszwecken nicht zu langfristigen Umweltschäden führt.

Die möglichen Auswirkungen: Die Bedeutung von Chlordioxid bei der Ausrottung antibiotikaresistenter Bakterien kann nicht genug betont werden. Als alternative Behandlungsmöglichkeit kann Chlordioxid dazu beitragen, das wachsende Problem der Antibiotikaresistenz zu bekämpfen, die Sterblichkeitsrate zu senken und die Gesundheitssysteme zu entlasten. Seine Wirksamkeit gegen MRSA und andere resistente Stämme kann die Patientenergebnisse verbessern, Krankenhausaufenthalte verkürzen und die Gesundheitskosten senken.

Kosteneffizienz: Die Chlordioxidlösung ist günstig und kann die Gesundheitskosten eines Landes im Laufe der Zeit erheblich senken.

Abschluss

Diese Forschung konzentrierte sich auf die Untersuchung der Wirksamkeit von Chlordioxid in vitro für einige der kritischsten antibiotikaresistenten Bakterien, die weltweit jedes Jahr Millionen von Todesfällen verursachen.

Wir haben gezeigt, dass die optimale Chlordioxidkonzentration, die in vitro zu einer nahezu vollständigen Desinfektion führt, 7 ppm beträgt ($p < 0,01$). Dies ist eine sichere Dosierung, da es sich um die Dosierung handelt, die für Wasseraufbereitungen verwendet wird.

Was in vitro beobachtet wurde, wird höchstwahrscheinlich auch im menschlichen Körper zu sehen sein. Wie Blut setzt Chlordioxid Sauerstoff frei, wenn es auf Säure trifft, entweder durch Milchsäure oder durch die Säure des Mikroorganismus.⁵⁸ Wenn Chlordioxid dissoziiert, wird es

Gibt wie auch Erythrozyten (rote Blutkörperchen) Sauerstoff an das Blut ab, und zwar nach dem gleichen Prinzip (bekannt als Bohr-Effekt), das darin besteht, den Säuregehalt zu selektivieren.

Chlordioxid ist ein gröÙenselektiver antimikrobieller Wirkstoff, der mikrometergroÙe Organismen schnell abtöten kann, viel gröÙeren Organismen wie Tieren oder Menschen jedoch keinen tatsächlichen Schaden zufügen kann, da es nicht tief in deren lebendes Gewebe eindringen kann.⁷³

Es gibt viele Kontroversen um die Verwendung von Chlordioxid. Man muss jedoch bedenken, dass die Auswirkungen der Exposition gegenüber einer Substanz, wie bei jedem Medikament oder Nahrungsergänzungsmittel, vom Verabreichungsweg (z. B. inhaliert, topisch oder oral), vom Zustand des Moleküls (z. B. gasförmig, oder wässrig), Dosiskonzentration, Dauer der Exposition, persönliche Merkmale und Gewohnheiten und ob andere Chemikalien oder Verunreinigungen vorhanden sind. Betont, dass im Laufe der Jahre viele toxikologische Studien mit Chlordioxid bei Menschen und Tieren durchgeführt wurden, die seine Sicherheit und Wirksamkeit belegen, da es in vielen Anwendungen eingesetzt wurde, um sicherzustellen, dass Menschen sicheren Konzentrationen ausgesetzt sind.

Bei sachgemäÙer Anwendung in den geringen Dosen, die zur Neutralisierung von Mikroben erforderlich sind, hat sich Chlordioxid als sicher erwiesen. Es gab positive Ergebnisse in kürzlich von Insignares-Carrione im Jahr 2021⁵⁸ für COVID-19 durchgeführten klinischen Studien mit Chlordioxid, bei denen Patienten hochreines CDS-Chlordioxid (2.990 ppm) intravenös verabreicht wurde.

Darüber hinaus wurden im Jahr 2020 staatliche Zulassungen von Chlordioxidlösungen zur Prävention und Behandlung der COVID-19-Pandemie in Bolivien in Kraft gesetzt.⁷⁵ Dadurch wurde eine Ethikkommission gesetzlich gegründet und vom bolivianischen Gesundheitsministerium gebilligt, die durch ihre klinischen, Wissenschaftliche und ethische Forschungsausschüsse führen ihre Forschung zu Chlordioxid für den Einsatz in verschiedenen Anwendungen durch.

Darüber hinaus wurden umfangreiche klinische Anwendungen von Chlordioxid gegen das Epstein-Barr-Virus (EBV), das Cytomegalievirus (CMV); Hepatitis-Virus A; B; HIV (AIDS-Virus) und andere werden ständig eingesetzt. Weitere Forschungen untersuchten im Laufe der Jahre die klinische Verwendung von Chlordioxid, einschließlich unspezifischer Sporen, Bakterien und Viren.⁶⁶

Es gibt Hunderte weitere Erfahrungsberichte über die Verwendung von Chlordioxid durch Freiwillige, die Jim Humble im Laufe der Jahre für verschiedene Anwendungen von Chlordioxid gesammelt hat.⁷⁶

Klinische Studien müssen durchgeführt werden, um klinische Erfahrungen darüber zu sammeln, was in der klinischen Praxis am besten funktioniert. Ärzte, die intravenöse Infusionen verwenden, können die 5-ml-CDSpure®-Ampullen (2.990 ppm) direkt oder oral verwenden, wenn sie auf die erforderlichen Konzentrationen verdünnt sind.

Interessenkonflikt: Keiner

Finanzierungserklärung: Keine

Verweise

1. Weltbankgruppe. *Arzneimittelresistente Infektionen sind eine Bedrohung für unsere wirtschaftliche Zukunft*. Washington: Internationale Bank für Wiederaufbau und Entwicklung/ Weltbank. 2017. Abgerufen von https://documents1.worldbank.org/curated/en/323311493396993758/pdf/final_report.pdf
2. Vereinte Nationen. *Nachhaltige Entwicklungsziele*. (Zugriff 2023). Abgerufen von den Vereinten Nationen: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/nachhaltige-entwicklungsziele/>
3. Sharma P und Towse A. *Neue Medikamente zur Bekämpfung antimikrobieller Resistenzen: Analyse der EU-Politikoptionen*. (25. August 2015). Von SSRN abgerufen: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2640028
4. Mitarbeiter im Bereich Antibiotikaresistenz. Globale Belastung durch bakterielle antimikrobielle Resistenzen im Jahr 2019. *Lancet*. 2022;399: 629-655.
5. Gatadi S, Gour J und Nandu S. Aus Naturprodukten gewonnene vielversprechende Wirkstoffe gegen MRSA: Eine Übersicht. *Bioorganische und medizinische Chemie*. 2019;27(17), 3760-3774.
6. Sharma P und Towse A. *Neue Medikamente zur Bekämpfung antimikrobieller Resistenzen: Analyse der EU-Politikoptionen*. 25. August 2015. Abgerufen von SSRN: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2640028
7. CL entlüften. Die Krise der Antibiotikaresistenz: Teil 1: Ursachen und Bedrohungen. *Pharmazie und Therapeutik*. 2015;40(4), 277-283.
8. Lobanovska M und Pilla G. Penicillins Entdeckung und Antibiotikaresistenz: Lehren für die Zukunft? *Yale Journal für Biologie und Medizin*. 2017;90(1), 135-145.
9. Langdon A, Crook N und Dantas G. Die Auswirkungen von Antibiotika auf das Mikrobiom während der gesamten Entwicklung und alternative Ansätze zur therapeutischen Modulation. *Genommedizin*, 2016;8, 39.

- Optionen. *Grenzen der Zell- und Infektionsmikrobiologie*. 2017;7, 55.
29. McConnell MJ, Actis L und Pachón J. *Acinetobacter baumannii*: Infektionen beim Menschen, Faktoren, die zur Pathogenese beitragen, und Tiermodelle. *FEMS Microbiology Reviews*, 2013;37(2), 130–155.
 30. Weltgesundheitsorganisation. *WHO veröffentlicht Liste von Bakterien, für die dringend neue Antibiotika benötigt werden*. 27. Februar 2017. Abgerufen von der Weltgesundheitsorganisation: <https://www.who.int/news/item/27-02-2017-wer-veroeffentlicht-die-liste-der-bakterien-gegen-die-neue-antibiotika-dringend-benotigt-werden>
 31. Rangel K, Chagas TP und De-Simone SG. *Acinetobacter baumannii*-Infektionen in Zeiten der COVID-19-Pandemie. *Krankheitserreger*, 2021;10(8), 1006.
 32. Alhashash F, Weston V und Diggle M. Multiresistente *Escherichia coli*-Bakteriämie. *Neu auftretende Infektionskrankheiten*, 2013;19(10), 1699–1701.
 33. Kaper JB, Nataro JP. & Mobley HL. Pathogenes *Escherichia coli*. *Nature Reviews Mikrobiologie*. 2004;2, 123-140.
 34. Santos Braz V, Melchior K und Moreira CG. *Escherichia coli* als vielfältiges pathogenes und vielseitiges Bakterium. *Grenzen der Zell- und Infektionsmikrobiologie*. 2020;10, 548492.
 35. Aryal S.E. *Coli (Escherichia Coli) – Ein Überblick*. 2020; 23. Dezember. Abgerufen aus Mikrobennotizen: <https://microbenotes.com/escherichia-coli-e-coli/#habitat-of-e-coli>
 36. Wang G, Zhao G, Chao X, Xie L und Wang H. Die Merkmale der Virulenz, des Biofilms und der Antibiotikaresistenz von *Klebsiella pneumoniae*. *Internationale Zeitschrift für Umweltforschung und öffentliche Gesundheit*. 2020;17(17), 1-17.
 37. Chew KL, Lin RT und Teo JW. *Klebsiella pneumoniae* in Singapur: Hypervirulente Infektionen und die Carbapenemase-Bedrohung. *Grenzen der Zell- und Infektionsmikrobiologie*. 2017;7.515 .
 38. Russo TA und Marr CM. Hypervirulente *Klebsiella pneumoniae*. *Rezensionen zur klinischen Mikrobiologie*. 2019;32(3), 1–4.
 39. Ashurst JV und Dawson A. *Klebsiella-Pneumonie*. Schatzinsel: StatPearls Publishing, 2022.
 40. Jaradat ZW, Ababneh QO, Sha'aban ST, Alkofahi AA, Assaleh D und Al Shara A. Methicillin-resistenter *Staphylococcus aureus* und öffentliche Keime: eine Übersicht. *Krankheitserreger und globale Gesundheit*. 2020;114(8), 426–450.
 41. Siddiqui AH. & Koirala J. *Methicillin-resistenter Staphylococcus Aureus*. 2022. Von StatPearls abgerufen: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482221/>
 42. Beauty M. *Methicillin-resistenter Staphylococcus Aureus (MRSA)*. 2021. Abgerufen von Nurseslabs: <https://nurseslabs.com/methicillin-resistant-staphylococcus-aureus-mrsa/>
 43. Alhazmi A. *Pseudomonas aeruginosa – Pathogenese und pathogene Mechanismen*. *Internationale Zeitschrift für Biologie*. 2015;7(2), 44-67.
 44. Wood SJ, Kuzel TM und Shafikhani SH. *Pseudomonas aeruginosa*: Infektionen, Tiermodellierung und Therapeutika. *Zellen*. 2023;12(1), 199.
 45. Moradali MF, Ghods S und Rehm BH. *Pseudomonas aeruginosa* Lebensstil: Ein Paradigma für Anpassung, Überleben und Beharrlichkeit. *Grenzen der Zell- und Infektionsmikrobiologie*. 2017;7, 39.
 46. Gale MJ, Maritato MS, Chen Y und Abdulateef S. *Pseudomonas aeruginosa* verursacht eine entzündliche Raumforderung im Nasopharynx bei einem immungeschwächten HIV-infizierten Patienten: Eine Nachahmung von Malignität. 2015;2, 40-43.
 47. Gomila A, Carratalà J, Badia JM, Camprubi D, Piriz M, Shaw E, Biondo S. Präoperative orale Antibiotikaphylaxe reduziert *Pseudomonas aeruginosa*-Infektionen an der Operationsstelle nach Wahl eines kolorektalen Chirurgen. *BMC-Infektionskrankheiten*, 2018;18, 507.
 48. Agentur für das Register giftiger Substanzen und Krankheiten. *Toxikologisches Profil für Chlordioxid und Chlorit*. 2004. Abgerufen von der Agency for Toxic Substances and Disease Registry: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp160.pdf>
 49. Agentur für das Register giftiger Substanzen und Krankheiten. *ToxFAQs™ für Chlordioxid und Chlorit*. 2004, September. Abgerufen von der Agency for Toxic Substances and Disease Registry <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts160.pdf>
 50. Weltgesundheitsorganisation. *Chlordioxid, Chlorit und Chlorat im Trinkwasser: Hintergrunddokument zur Entwicklung der WHO-Richtlinien für die Trinkwasserqualität*. 2016. Genf: Weltgesundheitsorganisation.
 51. Bajpai P. Die Kontrolle mikrobiologischer Probleme. *Zellstoff- und Papierindustrie*, 2015;103-195.
 52. Pratima B. Die Kontrolle mikrobiologischer Probleme. *Elsevier Public Health Emergency Collection*, 2015;103–195.
 53. Knapp JE und Bettisti DL. *Desinfektion, Sterilisation und Konservierung* (5. Aufl.). (H.H

- Block, Hrsg.) Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
54. Simpson G, Miller RF, Laxton GD und Clements WR. *Chlordioxid im Fokus: Das „Ideal“ Biozid*. New Orleans, USA, 1993.
55. Gunn JS, Bakaletz LO und Wozniak DJ. Was draußen ist, ist wichtig: die Rolle der extrazellulären Polymersubstanz gramnegativer Biofilme bei der Umgehung der Immunität des Wirts und als Ziel für therapeutische Interventionen. *Zeitschrift für biologische Chemie*. 2016;291(24), 12538–12546.
56. Ramos-Gallardo G. Chronische Wunden bei Brandverletzungen: ein Fallbericht über die Bedeutung von Biofilmen. *World Journal of Plastic Surgery*, 2016;5(2), 175.
57. Hall CW & Mah TFM. Molekulare Mechanismen biofilmbasierter Antibiotikaresistenz und -toleranz bei pathogenen Bakterien. *FEMS Microbiology Reviews*, 2017;41(3), 276-301.
58. Insignares-Carrione E, Bolano Gomez B, Andrade Y, Callisperis P, Suxo MA, Arturo MA und Camila GO. Bestimmung der Wirksamkeit von Chlordioxid bei der Behandlung von COVID 19. *Journal of Molecular and Genetic Medicine*. 2021;15, S2.
59. Noszticzus Z, Wittmann M, Kály-Kullai K, Beregvári Z, Kiss I, Rosivall L und Szegedi J. Chlordioxid ist ein gröÙenselektiver antimikrobieller Wirkstoff. *PLoS One*, 2013;8(11), e79157.
60. Miura T und Shibata T. Antivirale Wirkung von Chlordioxid gegen Influenzaviren und ihre Anwendung zur Infektionskontrolle. *Das Open Antimicrobial Agents Journal*. 2010;2, 1.
61. Sanekata T, Fukuda T, Miura T, Morino U, Lee C, Maeda K, Shibata T. Bewertung der antiviralen Aktivität von Chlordioxid und Natriumhypochlorit gegen felines Calicivirus, menschliches Influenzavirus, Masernvirus, Hundestaupavirus, Mensch Herpesvirus, menschliches Adenovirus, Hunde-Adenovirus und Hunde-Parvovirus. *Biocontrol Science*, 2010;15(2), 45-49.
62. Ma JW, Huang BS, Hsu CW, Peng CW, Cheng ML und Kao JY. Wirksamkeits- und Sicherheitsbewertung einer Chlordioxidlösung. *Internationale Zeitschrift für Umweltforschung und öffentliche Gesundheit*. 2017;14(3), 329.
63. Ofori I, Maddila S, Johnson L und Jonnalagadda SB. Chlordioxid-Inaktivierung von *Pseudomonas aeruginosa* und *Staphylococcus aureus* in Wasser: Kinetik und Mechanismus. *Zeitschrift für Wasseraufbereitungstechnik*. 2018;26, 46–54.
64. Ogata N und Shibata T. Schutzwirkung von Chlordioxidgas niedriger Konzentration gegen Influenza-A-Virusinfektionen. *Das Journal of General Virology*. 2008;89, 60-67.
65. Georgiou G. MRSA-Eradikation mit Chlordioxid. *Journal of Bacteriology & Mycology: Open Access*, 2021;9(3), 115-120.
66. Junger RO. Chlordioxid (CLO₂) als ungiftiger antimikrobieller Wirkstoff für Viren, Bakterien und Hefen (*Candida albicans*). *International Journal of Vaccines & Vaccination*, 2016, 8. Oktober;2(6), 11-12.
67. Vobolex. *Bolivien Gesetz GESETZ NR. 1351*. 2020, 14. Oktober. Abgerufen von Vobolex: <https://www.vobolex.org/bolivia/ley-no-1351-del-14-de-octubre-de-2020/>
68. Aparicio-Alonso M, Domínguez-Sánchez CA und Banuet-Martínez M. Langzeiteffekte von COVID19 bei mit Chlordioxid behandelten Patienten. *INTERNATIONALE ZEITSCHRIFT FÜR MULTIDISZIPLINÄRE FORSCHUNG UND ANALYSE*. 2021;4, 1159-1167.
69. Daniel FB, Condie LW, Robinson M, Stober JA, York GR, Olsen RG und Wang S R. Vergleichende subchronische Toxizitätsstudien von drei Desinfektionsmitteln. *Zeitschrift der American Water Works Association*. 1990;82(10), 61-69.
70. Scatina J, Abdel-Rahman MS und Gold E. Die hemmende Wirkung von Alcide®, einem antimikrobiellen Arzneimittel, auf die Proteinsynthese in *Escherichia coli*. *Zeitschrift für Angewandte Toxikologie*. 1985;5(6), 388-394.
- ATCC – [products/ https://www.atcc.org/microbe](https://www.atcc.org/microbe) 71. [bacteriology-and-archaea#t=productTab&numberOfResults=24](https://www.atcc.org/microbe/bacteriology-and-archaea#t=productTab&numberOfResults=24)
72. <https://logosbio.com/>
73. Noszticzus Z, Wittmann M, Kály-Kullai K, Beregvári Z, Kiss I, Rosivall L und Szegedi J. Chlordioxid ist ein gröÙenselektiver antimikrobieller Wirkstoff. *PLoS One*, 2013;8(11), e79157.
74. Georgiou G. Eradikation von *Borrelia burgdorferi* *in vitro* unter Verwendung von Chlordioxid: Ein neuartiger Ansatz. *Medical Research Archives*. 2022;[online] 10(11). <https://doi.org/10.18103/mra.v10i11.3279>
75. Amtsblatt von Bolivien. *GESETZ Nr. 1351*. 2020, 14. Oktober. Abgerufen aus der Rechtsbibliothek: <https://www.derechoteca.com/gacetabolivia/Gesetz-Nr.-1351-vom-14.-Oktober-2020/>
76. Humble J. (Zugriff 2023). *MMS-Erfahrungsberichte*. Aus MMS-Testimonials abgerufen: <https://mmstestimonials.co/>