

 <p>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</p>	 <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH</p> <p>UNESCO Chair on Sustainability</p>	<p>Campus UPC Gaia-Gebäude Rambla Sant Nebridi, 22 08222 - TERRASSA Barcelona (Spanien) Telefon: 34 93 739 85 66 Fax: 34 93 739 83 01</p>
---	---	---

BEWERTUNG DER EFFIZIENZ DES CATA- LUFTDESINFEKTIONSSYSTEMS

Vorläufiger Bericht 2

V3 14/10/2020

Dr. Jordi Morató

Koordinator UNESCO Chair on Sustainability and MSMLab (UPC)

 United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH	UNESCO Chair on Sustainability	<i>Campus UPC</i> <i>Gaia-Gebäude</i> <i>Rambla Sant Nebridi, 22</i> <i>08222 - TERRASSA</i> <i>Barcelona (Spanien)</i> <i>Telefon: 34 93 739 85 66</i> <i>Fax: 34 93 739 83 01</i>
---	---	---------------------------------------	---

INHALT

1 EINLEITUNG	3
2 METHODOLOGIE	3
2.1 System zur Luftdesinfektion	3
2.2 Zur Bewertung der Desinfektion verwendete Mikrobenarten	4
2.3 Prüfung der Desinfektionseffizienz	7
3 ANALYSE DER ERGEBNISSE	9
3.1 Wirksamkeit des CATA-Systems auf <i>Escherichia coli</i>	9
3.2 Wirksamkeit des CATA-Systems auf <i>Staphylococcus aureus</i>	11
4 ENDGÜLTIGE SCHLUSSFOLGERUNGEN	14

 United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH	Campus UPC Gaia-Gebäude Rambla Sant Nebridi, 22 08222 - TERRASSA Barcelona (Spanien) Telefon: 34 93 739 85 66 Fax: 34 93 739 83 01
---	---	--

1 EINLEITUNG

Die Firma CATA hat eine Zusammenarbeit mit dem UNESCO-Lehrstuhl für Nachhaltigkeit an der Universitat Politècnica de Catalunya für die Erforschung der **Effizienz eines Luftdesinfektionssystems**.

Gegenstand dieses ersten Vertrags war die Durchführung des F&E-Projekts, das aus Tests zur **Bewertung der Desinfektion** bestand, die **mit dem** von CATA entwickelten **Luftreinigungssystem durchgeführt wurde**. Die Desinfektion wird auf der Grundlage der Analyse der Luftverschmutzung unter standardisierten Bedingungen bewertet.

2 METHODOLOGIE

Der Test wurde nach dem in Teil 2.3 dieses Berichts festgelegten und detaillierten Verfahren durchgeführt. Der Zweck des Tests besteht darin, **die von dem von der CATA entwickelten Luftreinigungssystem durchgeführte Desinfektion zu beurteilen**.

2.1 Luftentkeimungssystem

Die Tests wurden in den Einrichtungen des UPC-GAIA durchgeführt, insbesondere im Labor für Sanitär- und Umweltmikrobiologie. Das von CATA entwickelte Gerät befand sich in einem luftdichten Methacrylatschrank mit den Abmessungen von 2x2x2 Metern. Die Kabine verfügt über zwei seitliche Öffnungen, von denen aus sie für die Durchführung der entsprechenden Tests zugänglich ist. Die Ergebnisse, die später erläutert werden, sind diejenigen, die nach den in der ersten Septemberwoche durchgeführten Tests erzielt wurden, also in der Woche, in der die Arbeiten an der endgültigen Version des Luftreinigers begannen. Das Gerät reinigt die Luft durch ein Plasmasystem und zusätzlich durch einen HEPA-Filter auf der Rückseite, aus dem es die behandelte Luft ausstößt, um eine bessere Reinigung zu gewährleisten.

Für die in dieser Woche durchgeführten Tests **wurde der HEPA-Filter entfernt**, so dass die Desinfektionsergebnisse mit dem Gerät beim Hinzufügen des Filters höher ausfallen konnten.

 United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH	UNESCO Chair on Sustainability	Campus UPC Gaia-Gebäude Rambla Sant Nebridi, 22 08222 - TERRASSA Barcelona (Spanien) Telefon: 34 93 739 85 66 Fax: 34 93 739 83 01
---	---	--------------------------------	--

2.2 Für die Bewertung der Desinfektion verwendete Mikrobenarten

Die ausgewählten Bakterien sammeln das Spektrum der wichtigsten mikrobiellen Gruppen und ermöglichen eine angemessene und vergleichende Bewertung der Desinfektion mit der Virendesinfektion.

Mikrobe	Typ	Kultur Medien	Widerstand-gruppe*
<i>Escherichia coli</i>	Gram-Bakterien	TBX-Agar	+++
<i>Staphylococcus aureus</i>	Gram+ Bakterien	Mannitol-Salz-Agar	++

Tabelle 1. Bei der Prüfung der Desinfektionseffizienz verwendete Mikrobenarten. *Resistenzgrad in einer 5-Sterne-Skala, mit Coronavirus als 1 Stern.

Abbildung zeigt die vergleichende Resistenz verschiedener Mikroorganismen gegen Keimtötungen.

Gramnegative Bakterien wie *Escherichia coli* haben eine etwas höhere Resistenz als grampositive Bakterien wie *Staphylococcus aureus*. Das Coronavirus, als behülltes Virus, hat die höhere Anfälligkeit (geringere Resistenz) als die beiden getesteten Bakterien.

Escherichia coli ist ein gramnegatives, fakultativ anaerobes, stäbchenförmiges, coliformes Bakterium der Gattung *Escherichia*, das häufig im unteren Darm von Warmblütern (Endothermen) vorkommt. Die meisten *E. coli*-Stämme sind harmlos, aber einige Serotypen (EPEC, ETEC usw.) können bei ihren Wirten schwere Lebensmittelvergiftungen verursachen und sind gelegentlich für Lebensmittelkontaminationen verantwortlich, die zu Produktrückrufen führen. Die harmlosen Stämme sind Teil der normalen Mikrobiota des Darms und können ihren Wirten zugute kommen, indem sie Vitamin K2 produzieren (das die Blutgerinnung fördert) und die Kolonisierung des Darms mit pathogenen Bakterien verhindern, wobei eine symbiotische Beziehung besteht.

E. coli wird innerhalb der Fäkalien in die Umwelt ausgestoßen. Das Bakterium wächst in frischem Kot unter aeroben Bedingungen 3 Tage lang massiv, danach nimmt seine Zahl langsam ab. *E. coli* und andere fakultative Anaerobier machen etwa 0,1% der Darmmikrobiota aus, und die fäkal-orale Übertragung ist der Hauptweg, über den pathogene Stämme des Bakteriums Krankheiten verursachen.

MORE RESISTANT

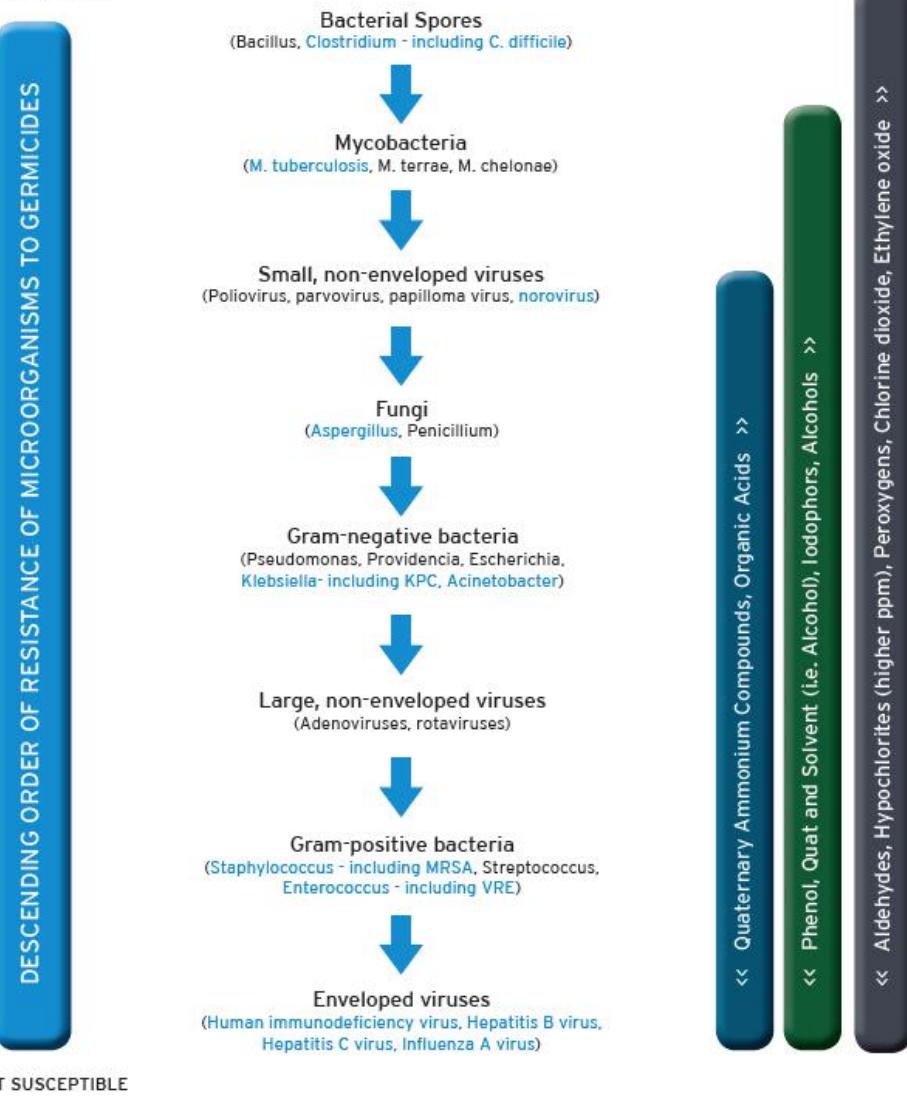


Abbildung 1. Resistenz von Mikroorganismen gegen Desinfektionsmittel. Angelehnt an Mc Donnell G., Antiseptis und Sterilisation: Arten, Wirkung und Resistenz. 2007. Verwendung mit Genehmigung von EcoLab © 2011.

Zellen sind in der Lage, für eine begrenzte Zeit außerhalb des Körpers zu überleben, was sie zu potenziellen Indikatororganismen macht, um Umweltproben auf fäkale Verunreinigungen zu testen. Ein wachsender Teil der Forschung hat jedoch umweltpersistente *E. coli* untersucht, die viele Tage überleben und außerhalb eines Wirts wachsen können. Das Bakterium kann einfach und kostengünstig im Labor gezüchtet und kultiviert werden und wird seit über 60 Jahren intensiv untersucht.

 United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH	Campus UPC Gaia-Gebäude Rambla Sant Nebridi, 22 08222 - TERRASSA Barcelona (Spanien) Telefon: 34 93 739 85 66 Fax: 34 93 739 83 01
---	---	--

E. coli ist der am weitesten untersuchte prokaryotische Modellorganismus und eine wichtige Spezies in den Bereichen Biotechnologie und Mikrobiologie, wo er als Wirtsorganismus für die Mehrzahl der Arbeiten mit rekombinanter DNA gedient hat. Unter günstigen Bedingungen dauert die Fortpflanzung nur 20 Minuten.

Staphylococcus aureus ist ein grampositives, rundlich geformtes Bakterium, das ein üblicher Bestandteil der Mikrobiota des Körpers ist und häufig in den oberen Atemwegen und auf der Haut vorkommt. Er ist oft positiv für die Reduktion von Katalase und Nitrat und ist ein fakultativer Anaerobier, der ohne Sauerstoffbedarf wachsen kann.

Obwohl *S. aureus* normalerweise als Kommensale der menschlichen Mikrobiota wirkt, kann es auch zu einem opportunistischen Erreger werden, der eine häufige Ursache von Hautinfektionen, einschließlich Abszessen, Atemwegsinfektionen wie Nebenhöhlenentzündung und Lebensmittelvergiftungen ist.

Pathogene Stämme fördern Infektionen häufig durch die Produktion von Virulenzfaktoren, wie z.B. potente Proteintoxine, und die Expression eines Zelloberflächenproteins, das Antikörper bindet und inaktiviert.

Das Auftreten von antibiotikaresistenten Stämmen von *S. aureus* wie dem methicillinresistenten *S. aureus* (MRSA) ist ein weltweites Problem in der klinischen Medizin. Trotz intensiver Forschung und Entwicklung wurde bisher kein Impfstoff gegen *S. aureus* zugelassen. Schätzungsweise 20% bis 30% der menschlichen Bevölkerung sind Langzeitüberträger von *S. aureus*, der als Teil der normalen Hautflora, in den Nasenlöchern und als normaler Bewohner des unteren Reproduktionstrakts von Frauen zu finden ist.

S. aureus kann eine Reihe von Krankheiten verursachen, von kleineren Hautinfektionen wie Pickel, Impetigo, Furunkel, Zellulitis, Follikulitis, Karbunkel, Verbrühungen und Abszesse bis hin zu lebensbedrohlichen Krankheiten wie Lungenentzündung, Meningitis, Osteomyelitis, Endokarditis, toxisches Schocksyndrom, Bakterämie und Sepsis. Es ist nach wie vor eine der fünf häufigsten Ursachen für im Krankenhaus erworbene Infektionen und ist häufig die Ursache von Wundinfektionen nach Operationen. Jedes Jahr erkranken etwa 500.000 Patienten in Krankenhäusern der Vereinigten Staaten an einer Staphylokokkeninfektion, hauptsächlich durch *S. aureus*. Bis zu 50.000 Todesfälle pro Jahr in den USA stehen im Zusammenhang mit *S. aureus*-Infektionen.

 United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH	Campus UPC Gaia-Gebäude Rambla Sant Nebridi, 22 08222 - TERRASSA Barcelona (Spanien) Telefon: 34 93 739 85 66 Fax: 34 93 739 83 01
	UNESCO Chair on Sustainability	

2.3 Prüfung der Desinfektionseffizienz

Testbedingungen. Umweltbedingungen wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurden in jedem Test bestimmt, um mögliche Quellen von Variationen zu entdecken. Die Tests wurden bei einer Temperatur von 25 Grad und einer Luftfeuchtigkeit von etwa 70% in der Kabine durchgeführt.

Um eine Kontamination innerhalb der Kabine aufgrund des Labors oder früherer Tests zu vermeiden, wurden am Ende jedes Versuchs die Luft in der Kabine und ihre Oberflächen mit dem Ozonsystem OZONPURE 03 GENERATOR desinfiziert. Vor der Durchführung jedes Versuchs wurden Proben von der Decke, dem Boden und den Wänden der Kabine genommen, um sicherzustellen, dass die Ozon-Desinfektion wirksam war.

Die bakterienhaltige **mikrobielle Suspension** wurde nach den Richtlinien der Norm hergestellt, wobei die Konzentration der Lösung durch serielle Verdünnung auf 1×10^6 CFU/mL eingestellt wurde. Der gesamte Prozess der Herstellung der mikrobiellen Suspension erfolgte unter streng sterilen Bedingungen, unter Verwendung der Bunsen-Flamme oder des Laminar-Flow-Kabinetts (Biosicherheit).

Der in der Kabine durchgeführte Test bestand aus zwei Phasen: **Infektionsphase und Desinfektionsphase. Zu Beginn der Infektionsphase war nur das Aerosolsystem (Befeuchter) angeschlossen.** Am Ende der 20-minütigen Infektionsphase wurde der **Luftbefeuchter ausgeschaltet und gleichzeitig die CATA Dream-Ausrüstung** dank einer Bluetooth-Verbindung von außerhalb der Kabine **eingeschaltet**.

Nach dem Ausschalten des Luftbefeuchters begann die Desinfektionsphase, in der zu verschiedenen Zeiten Luftproben entnommen wurden, während der CATA-Luftreiniger zu laufen begann. Konkret wurden die Luftproben bei 0, 5, 10, 15, 20, 30 und 50 Minuten nach Abschalten des Luftbefeuchters entnommen.

Am Ende jedes Tests wurde der GENERATOR OZONPURE 03 in einem Programm von 20 Minuten Ozonerzeugung und einer Stunde Ruhezeit angeschlossen, damit das Gas korrekt wirken konnte.

Für die Entnahme von Luftproben während der gesamten Tests wurden Luftprobennehmer verwendet, die auf ein Volumen von 100l Luft in 90mm Petrischalen einwirkte. Zur mikrobiologischen Kontrolle aller Oberflächen können **Rodac-Platten** (RODAC = Replicate Organism Detection and Counting) verwendet werden.

 United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH	UNESCO Chair on Sustainability	Campus UPC Gaia-Gebäude Rambla Sant Nebridi, 22 08222 - TERRASSA Barcelona (Spanien) Telefon: 34 93 739 85 66 Fax: 34 93 739 83 01
---	---	--------------------------------	--

Zum Beispiel für Transportgeräte, Textilien oder andere Endprodukte und die Kontrolle von Klapptischen, Förderbändern, Trolleys, Behältern usw. eignen sich Rodac-Platten sehr gut für den Einsatz im industriellen Reinigungsbereich. Mit Hilfe dieser Platten haben Sie eine einfache und schnelle Methode, um alle Arten von Oberflächen auf mikrobiologische Kontamination und den hygienischen Zustand der Oberfläche zu überprüfen.

In diesem Fall wurden die RODAC-Platten verwendet, um die Wirksamkeit der Ozonbehandlung auf den verschiedenen Oberflächen der Kabine zu überprüfen. Jedes Experiment wurde in zweifacher Ausführung durchgeführt.



Abbildung 2. Verschiedene verwendete Petrischalen: 120 mm Durchmesser. Quadratisch, Durchm. 90 mm Kreisförmige und Rodac-Platten (von links).

Nachstehende Tabelle fasst die verwendeten Kulturmedien für die verwendeten Mikroben zusammen. Jedes geeignete Kulturmedium wurde in flüssigem Zustand unter kontrollierter Temperatur (45°C, kontrolliert durch ein thermostatisches Bad) auf die Platten gegeben. Alle Platten wurden 24-48 Stunden lang bei den für jedes Medium geeigneten Temperaturen inkubiert.

Mikrobe	Kulturmedien	Referenz	Produzent
Escherichia coli	Microinstant Troptone Bile A Glucuronic (TBX Agar)	01-619-500.	Scharlau
Staphylococcus aureus	Mannitol-Salz Agar (Chapman Agar)	01-116-500	Scharlau

Tabelle 2. Verwendete Kulturmedien für die verwendeten mikrobiellen Spezies.

3 ANALYSE DER ERGEBNISSE

3.1 Wirksamkeit des CATA-Systems auf *Escherichia coli*

Die Desinfektion von *Escherichia coli* wurde in verschiedenen Stärken des Geräts getestet, insbesondere in den Stärken 1, 3 und 6. Bei Leistung 1 betrug die Desinfektion nach 5 Minuten 86,91%, nach 10 Minuten 97,15% und nach 15 Minuten 98,49%. Bei der Leistung 3 betrug die Desinfektion 86,38% nach 5 Minuten und 100% nach 15 Minuten. Bei Leistung 6 schließlich betrug die Desinfektion 94,38% nach 5 Minuten und 99,38% nach 10 Minuten.

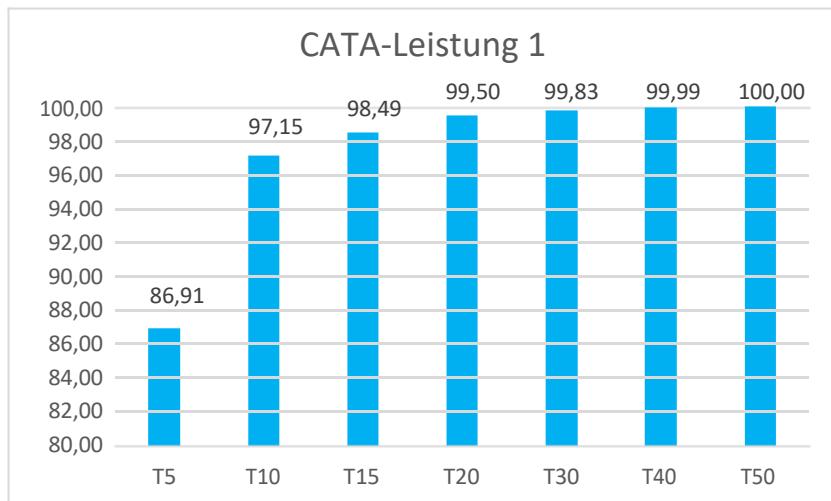


Abbildung 3. Wirksamkeit des CATA-Systems - Leistung 1.

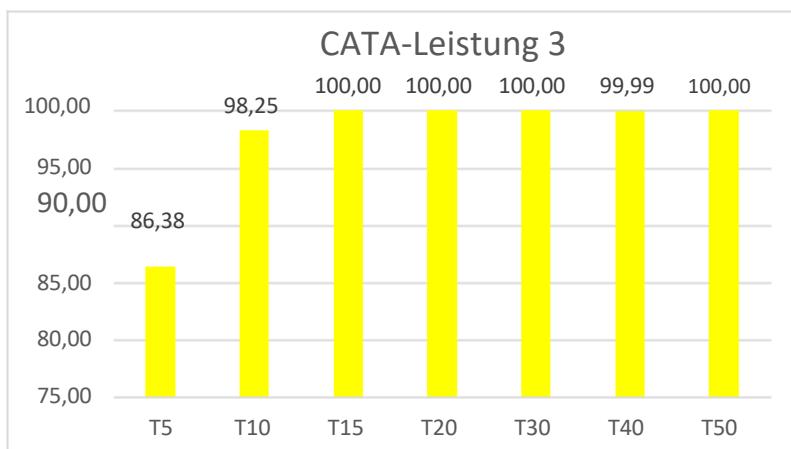


Abbildung 4. Wirksamkeit des CATA-Systems - Leistung 2.

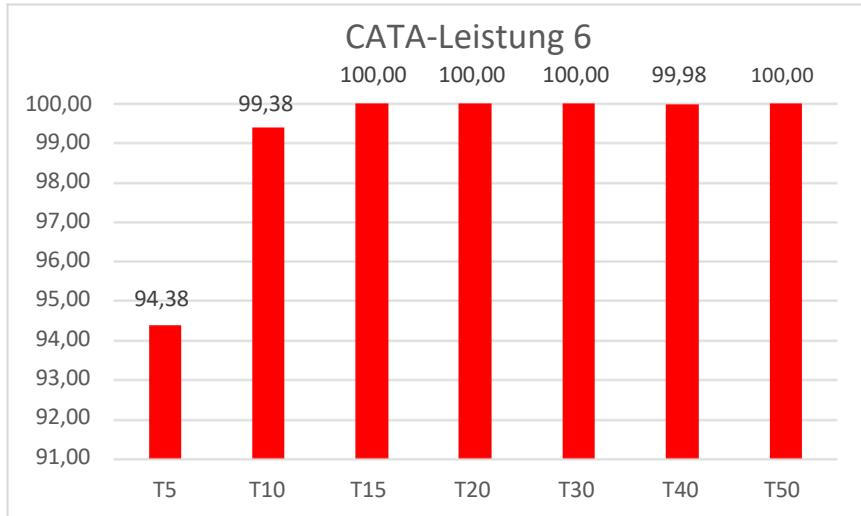
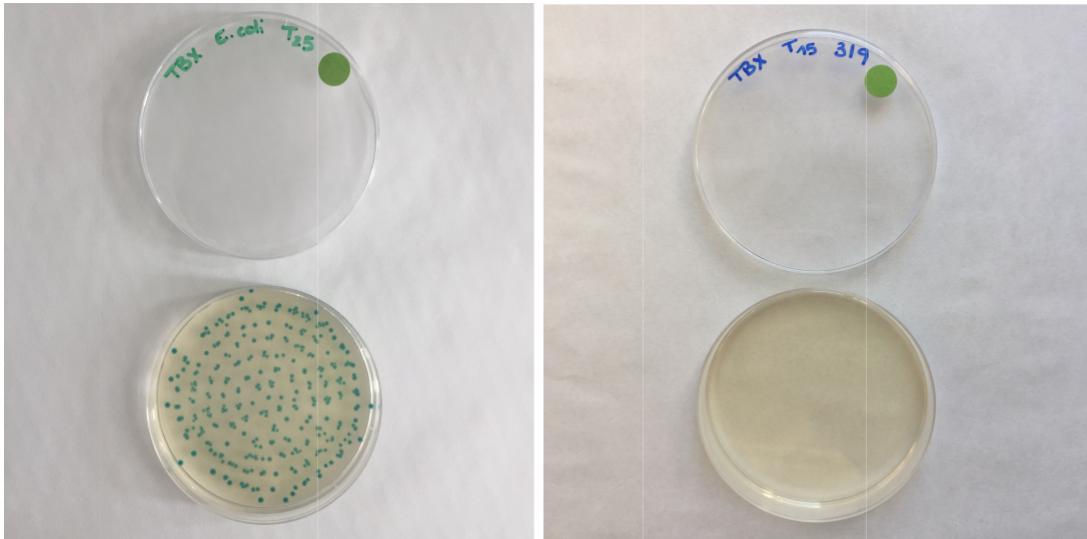


Abbildung 5. Wirksamkeit des CATA-Systems - Leistung 4.

Die folgende Grafik (Abbildung 6) zeigt den Infektionsprozess (rot) und den Desinfektionsprozess (grün) in jeder der Leistungen des untersuchten Geräts in Bezug auf *E. coli*.



Abbildung 6. *E. coli*-Infektion und Desinfektion durch das CATA-Gerät.



3.2 Wirksamkeit des CATA-Systems auf *Staphylococcus aureus*

Die Desinfektion von *Staphylococcus aureus* wurde in verschiedenen Potenzen des Geräts getestet, insbesondere in den Potenzen 1, 3 und 6. Bei Stärke 1 betrug die Desinfektion 43% nach 5 Minuten und 63,50% nach 10 Minuten, wobei nach 15 Minuten eine Desinfektion von 90,25% erreicht wurde.

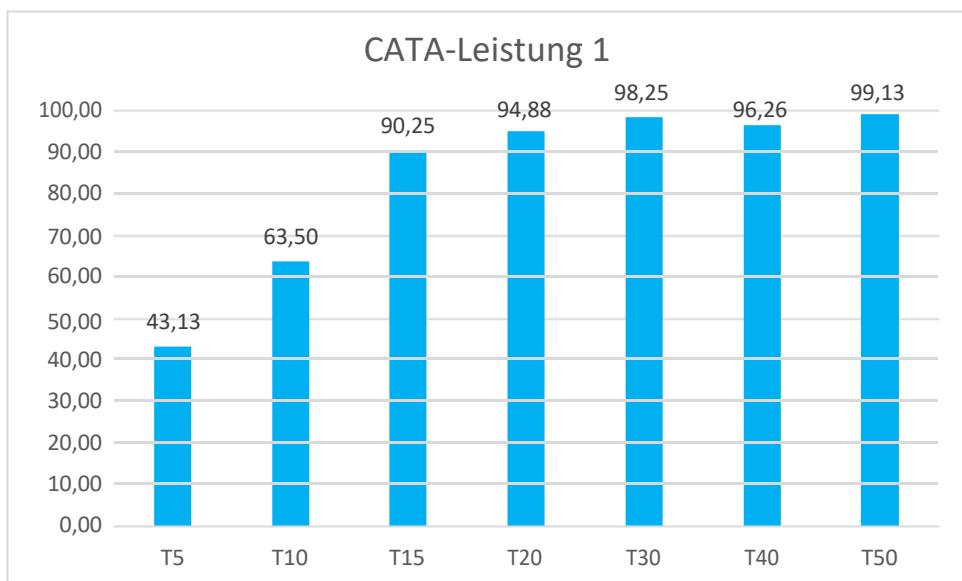


Abbildung 7. Wirksamkeit des CATA-Systems - Leistung 1.

Im Fall von Leistung 3 betrug die Desinfektion 89,41% nach 5 Minuten und 96,47% nach 10 Minuten, wobei nach 15 Minuten eine Desinfektion von 98,82% erreicht wurde.

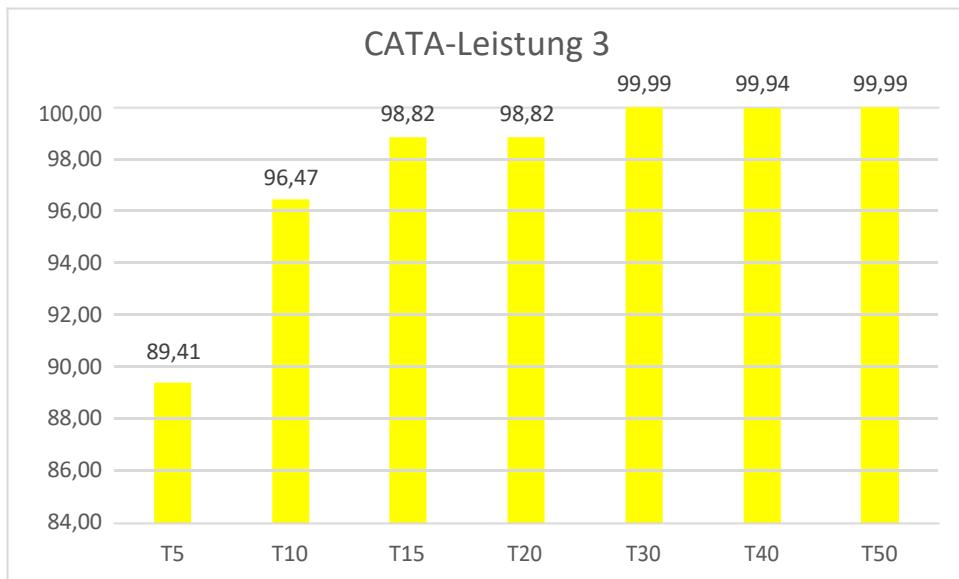


Abbildung 8. Wirksamkeit des CATA-Systems - Leistung 3.

Letztendlich betrug nach 5 Minuten die Desinfektion 92,75% bei Stärke 6 und erreichte nach 15 Minuten eine 100%ige Desinfektion.

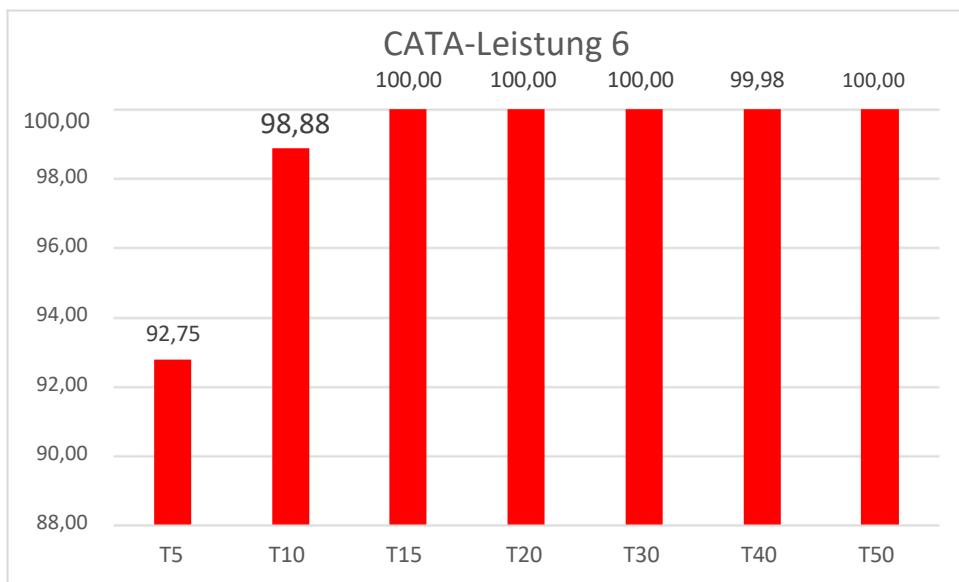


Abbildung 10. Wirksamkeit des CATA-Systems - Leistung 6

Die folgende Grafik zeigt den Infektionsprozess (rot) und den Desinfektionsprozess (grün) in jeder der Leistungen des untersuchten Geräts in Bezug auf *E. coli*.

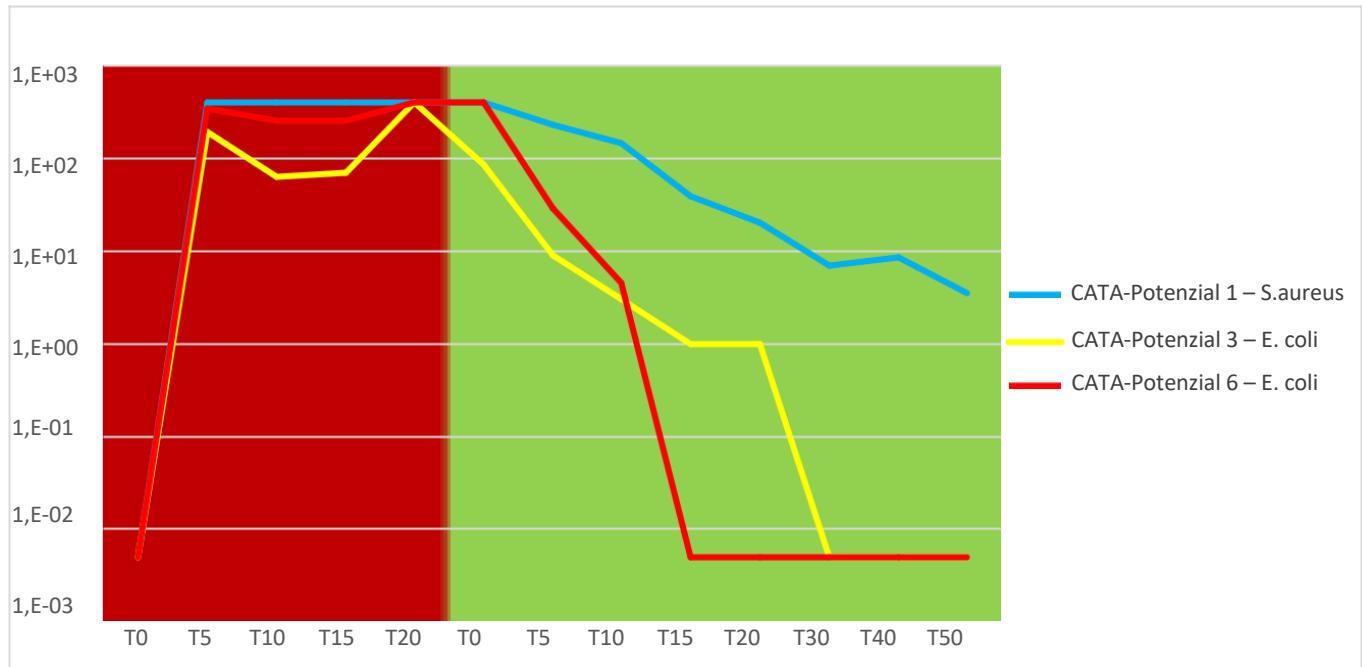
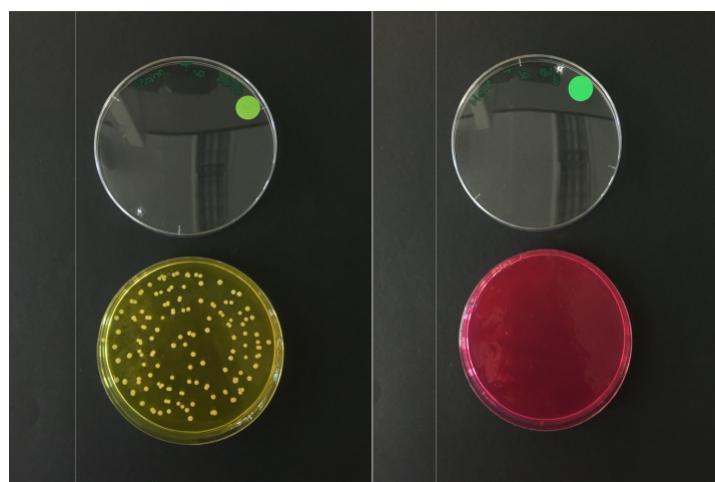


Abbildung 11. S.-aureus-Infektion und Desinfektion durch das CATA-Gerät.



 <p>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</p>	 <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH</p> <p>UNESCO Chair on Sustainability</p>	<p>Campus UPC Gaia-Gebäude Rambla Sant Nebridi, 22 08222 - TERRASSA Barcelona (Spanien) Telefon: 34 93 739 85 66 Fax: 34 93 739 83 01</p>
---	---	---

4 ENDGÜLTIGE SCHLUSSFOLGERUNGEN

Als abschließende Schlussfolgerung der Studie können wir die folgenden Anmerkungen machen:

- a) Die getesteten Versuchsbedingungen zeigten eine **reduzierte Variabilität (Standardabweichung) bei den Stichproben.**
- b) Die **Desinfektionseffizienz des CATA-Systems gegen *Escherichia coli* und *Der Staphylococcus aureus*** war wirklich hoch.
- c) Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das **CATA-System eine überlegene Desinfektionswirkung gegenüber allen Bakterienmodellen zeigte**

 <p>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</p>	  <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH</p> <p>UNESCO Chair on Sustainability</p>	<p>Campus UPC Gaia-Gebäude Rambla Sant Nebridi, 22 08222 - TERRASSA Barcelona (Spanien) Telefon: 34 93 739 85 66 Fax: 34 93 739 83 01</p>
---	---	---



Dr. Jordi Morató
UNESCO Chair on Sustainability - UPC
Terrassa, 14. Oktober 2020