

Verfahren zur Dekontamination von Fleisch — Wirkprinzip und Leistung von Dekontamination durch ultraviolette Strahlung

Niels Bandick

Einleitung

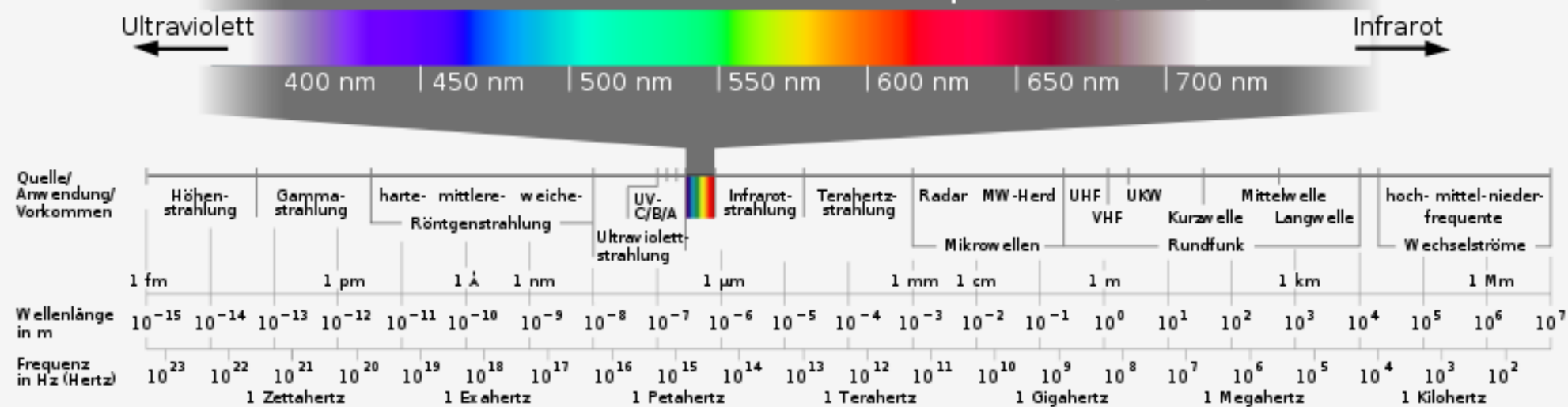
Die Bezeichnung ultraviolett (UV, „jenseits von Violett“) rührt daher, dass der Wellenlängen-Bereich des UV-Spektrums mit etwas kürzeren Wellenlängen an jenen grenzt, der vom Menschen als Farbe Blauviolett wahrgenommen wird.

Als Übergangsbereich zwischen sichtbarem Licht und dem Ultravioletten wird allgemein eine Wellenlänge von 380 bis 390 Nanometer (nm) angenommen.

Das ultraviolette Spektrum ist in die Bereiche UV-A, UV-B und UV-C Strahlung segmentiert. Die UV-C Strahlung umfasst einen Wellenlängenbereich zwischen 200-280 nm (Paul, 2003).

Bereits 1902 berichtet G. Kaiser (1871–1954) über die keimabtötende Wirkung von UV-Strahlung.

Das für den Menschen sichtbare Spektrum (Licht)



Quelle: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Electromagnetic_spectrum_c.svg&filetimestamp=20090611090004

ultraviolettes Licht 0,100 μm – 0,280 μm UV-C
 0,280 μm – 0,315 μm UV-B
 0,315 μm – 0,380 μm UV-A

sichtbares Licht 0,380 μm – 0,780 μm VIS

infrarotes Licht 0,780 μm – 10,00 μm IR

Einteilung nach Wellenlänge (DIN 5031-7)		
Name	Abkürzung	Wellenlängenbereich
Nahes UV („Schwarzlicht“)	UV-A	380–315 nm
Mittleres UV (Dorno-Strahlung)	UV-B	315–280 nm
Fernes UV	UV-C-FUV	280–200 nm
Vakuum-UV	UV-C-VUV	200–100 nm
Extremes UV (keine DIN 5031)	EUV, XUV	100–1 nm

Quelle: <http://www.ushio.eu/uv-catalogue/upload/UV-Darstellung-dt.jpg>

Anwendungsbeispiele

Wasseraufbereitungssysteme

- Trinkwasserreservoirs
- Schwimmbäder
- Recycling von Prozesswasser
- Teichwasser

Oberflächendesinfektion

- Mikrobiologische Laboratorien
- Produktionsoberflächen in der Lebensmittelindustrie (Transportbänder)
- Lebensmitteloberflächen

Luftentkeimung

- Operationssäle
- Reinraumanwendungen in der Industrie
- Lebensmittelproduktion

Wirkprinzip

Gesetz von Grotthus-Draper:

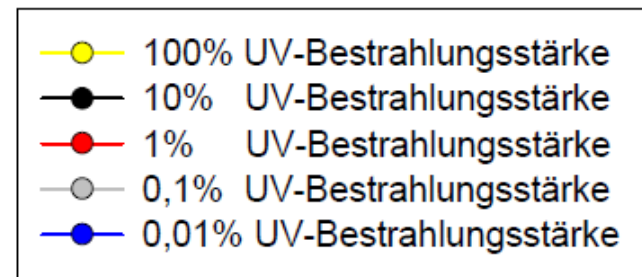
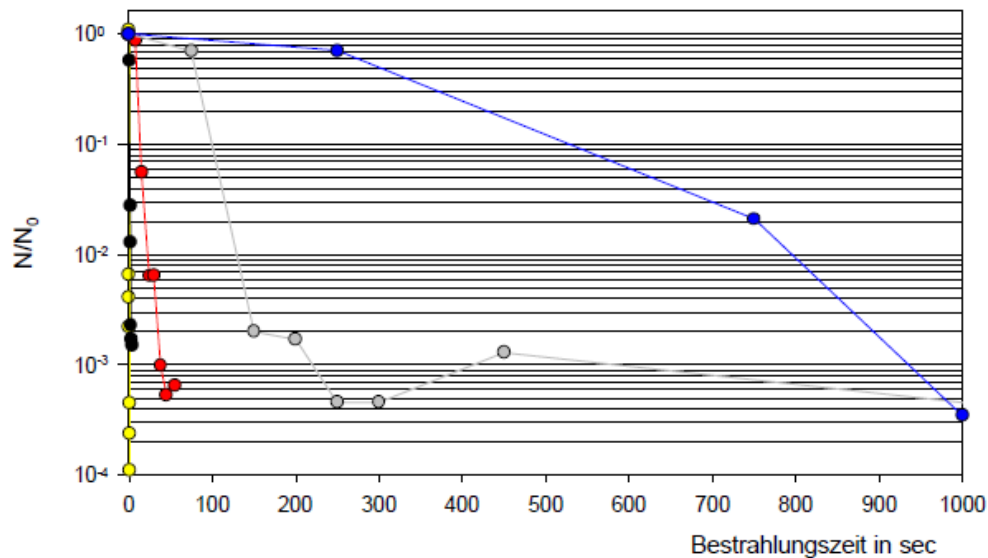
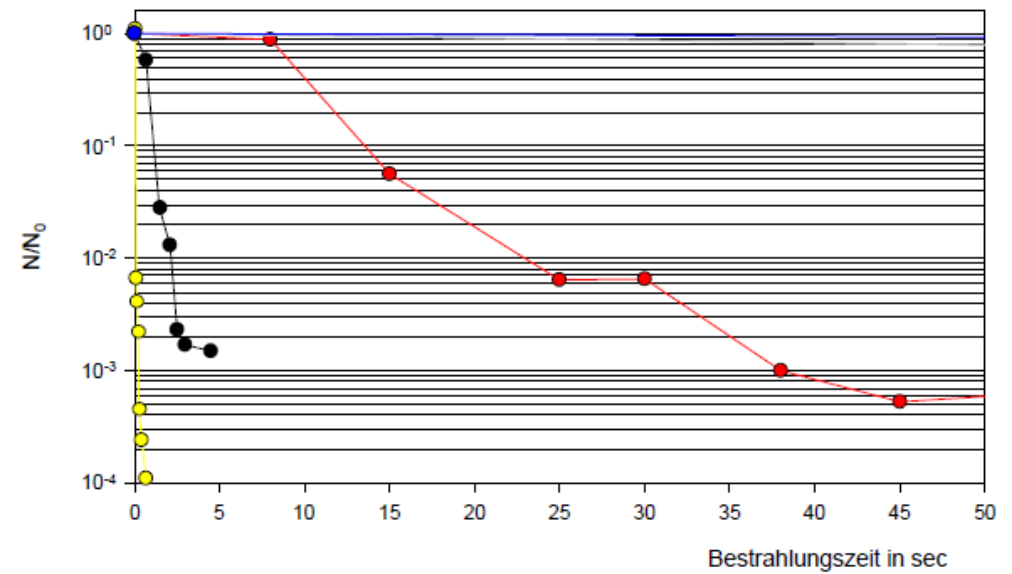
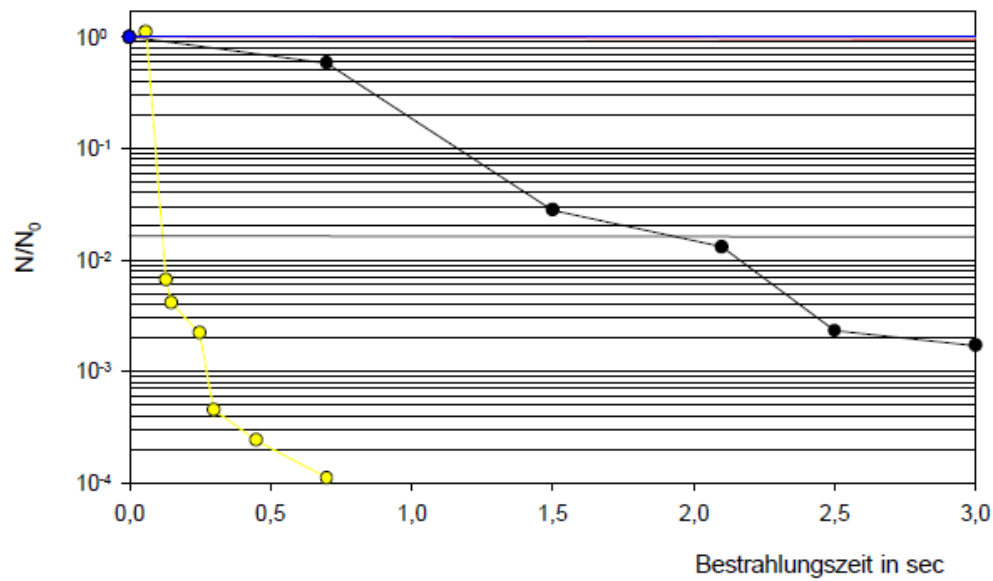
Nur solche Strahlenanteile sind wirksam, welche vom bestrahlten Objekt absorbiert werden. Im Fall der UV-Strahlung geschieht dies durch **Absorption der elektromagnetischen Schwingungen**, welche zu Anregung und Ionisation von Molekülen führt. Durch die so zugeführte Energie werden diverse **chemische Bindungen** wie z.B. Kohlenstoffeinfach (C-C)- sowie Kohlenstoffdoppelbindungen (C=C) **aufgebrochen**.

UV-Strahlung ist daher vor allem in Proteinen und Nukleinsäure wirksam. Aminosäuren (Tryptophan, Tyrosin, Phenylalanin) und die aus ihnen aufgebauten **Proteine weisen ein Absorptionsmaximum bei einer Wellenlänge von 280 nm auf**. Bei den kettenartigen Nukleinsäuren, welche die Grundbausteine der Zelle (Desoxyribonukleinsäure (DNS)) sind, finden relevante Absorptionsvorgänge vor allem an den 4 Basen Adenin, Guanin, Cytosin und Thymin statt. Diese weisen im Mittel ein Absorptionsmaximum bei einer Wellenlänge von 260 nm auf.

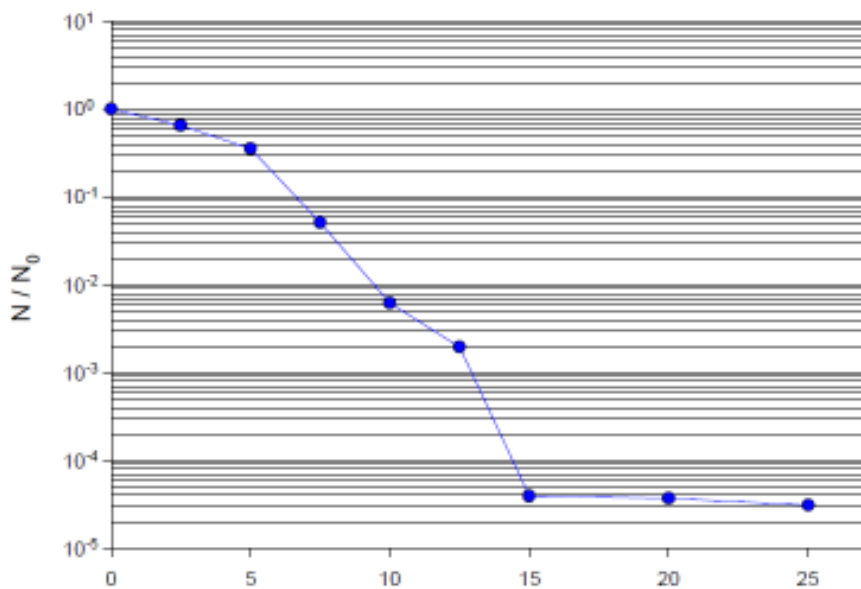
Bestrahlung mit UV Licht wirkt somit auf den Zellkern sowie die Zellwand ein und lässt den Schluss zu, dass **UV-C Strahlung im Spektrum um 260 (253,7) nm prinzipiell in der Lage ist Mikroorganismen abzutöten** (Schmidt-Burbach, 1977).

Begriff	Definition	Einheit
Strahlungsleistung	<i>Herstellerangabe</i> <i>(hier 70 mW/cm²)</i>	J / s oder W
Bestrahlungsstärke (E)	<i>Strahlungsleistung</i> / <i>Fläche</i>	J / m ² s oder W / m ²
Bestrahlungsdosis (D)	<i>Bestrahlungsstärke • Zeit</i>	J / m ² oder W s / m ²

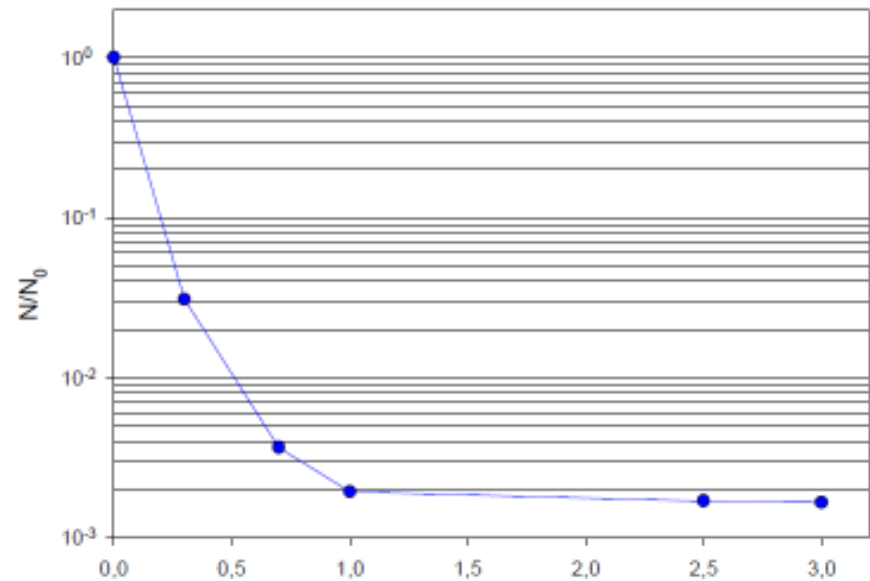
Definitionen zur Bestrahlungsstärke und Bestrahlungsdosis (Wunderlich, 1997)



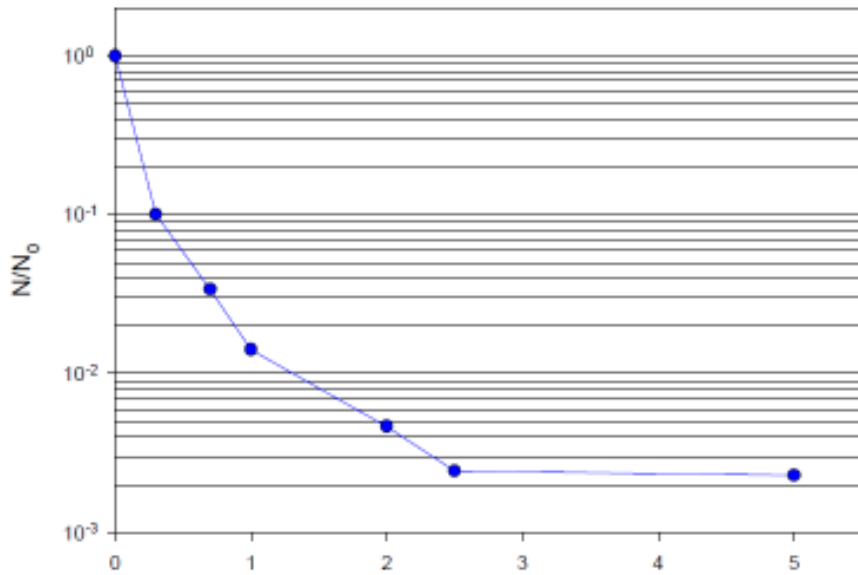
Absterbeverhalten von Bacillus subtilis SA22 -Sporen in Abhängigkeit der Bestrahlungszeit bei Einsatz unterschiedlicher Bestrahlungsstärken (100% entspricht lt. Herstellerangaben 70 mW/cm²) (Wunderlich, 1997)



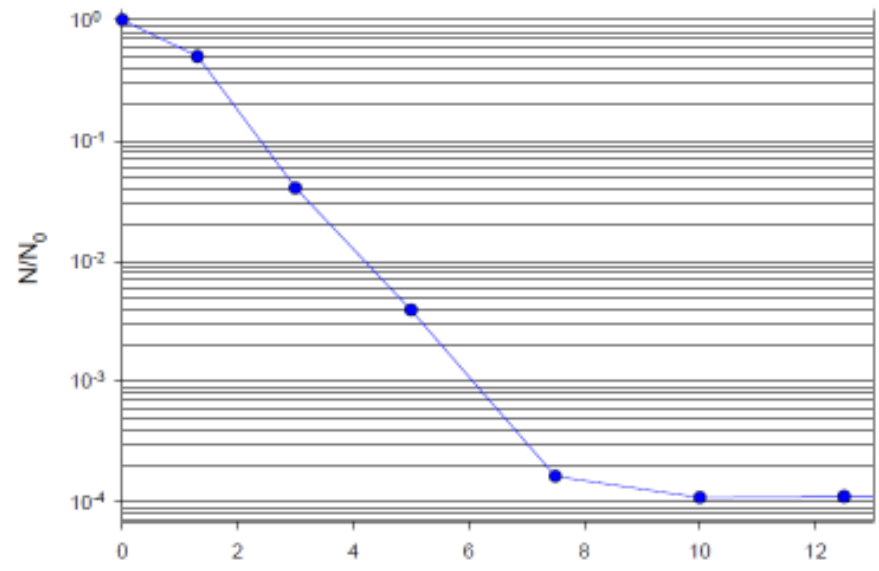
Bacillus cereus (DSM 31)- Sporen



Escherichia coli (DSM 1103)



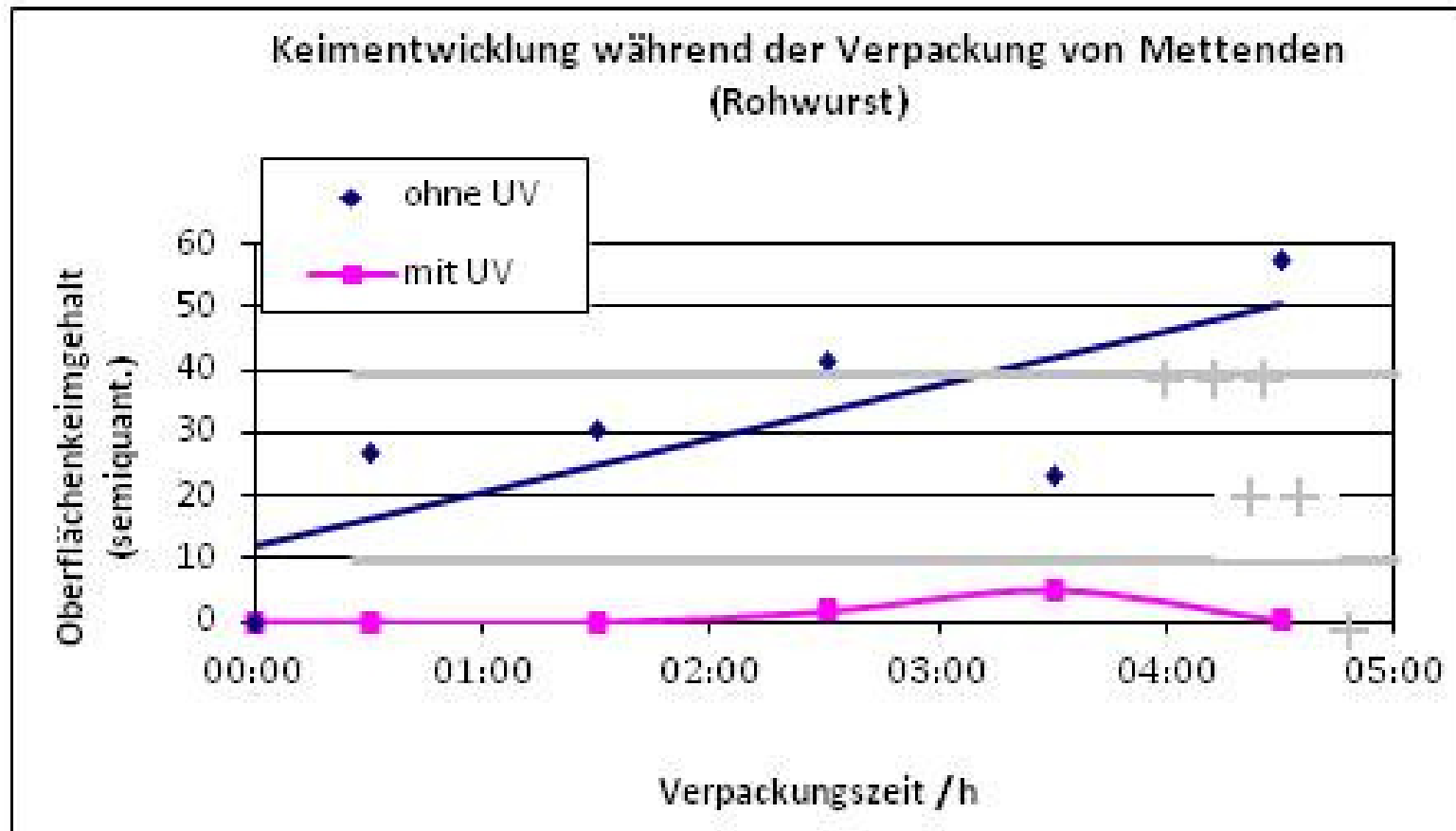
Salmonella poona



Staphylococcus aureus (DSM 346)

Absterbekinetiken (Bestrahlungsstärke: 1% entspr. lt. Hersteller 0,7 mW/cm²) (Wunderlich, 1997)

Anwendung von UV-C Strahlung zur Desinfektion von Oberflächen



Entwicklung der Keimlast mit und ohne UV-C-Strahlung auf dem Transportband während der Verpackung von Rohwurst (rechts-links-Vergleich mit halbseitig abgedecktem UV-Strahler) (Lagrange und Hoffmann, 2004)

Schuller und Bareuther (2001)

Keimzahl auf Schneidunterlagen aus Kunststoff – Auswirkung der UV-
Bestrahlung in einem Rinderzerlegebetrieb: Begrenzung der GKZ
während einer Arbeitsschicht auf MW von
2,4 log KbE/cm² mit UV-C-Bestrahlung gegenüber
4,3 log KbE/cm² ohne Bestrahlung.

Sommers et al. (2010)

Inaktivierung von *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* und
Staphylococcus aureus auf Stahlplättchen um >5 log KbE/cm² bis unter
die Nachweisgrenze (0,4J/cm²).

Haughten et al. (2011)

Inaktivierung von *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* und *Salmonella*
Enteritidis auf verschiedenen Kunststoffoberflächen und Edelstahl bis
unter die Nachweisgrenze mit Ausnahmen von *E. coli* und *S. Enteritidis*
auf blauem Polystyren und Polyethylen-Polypropylen (PET-PP),

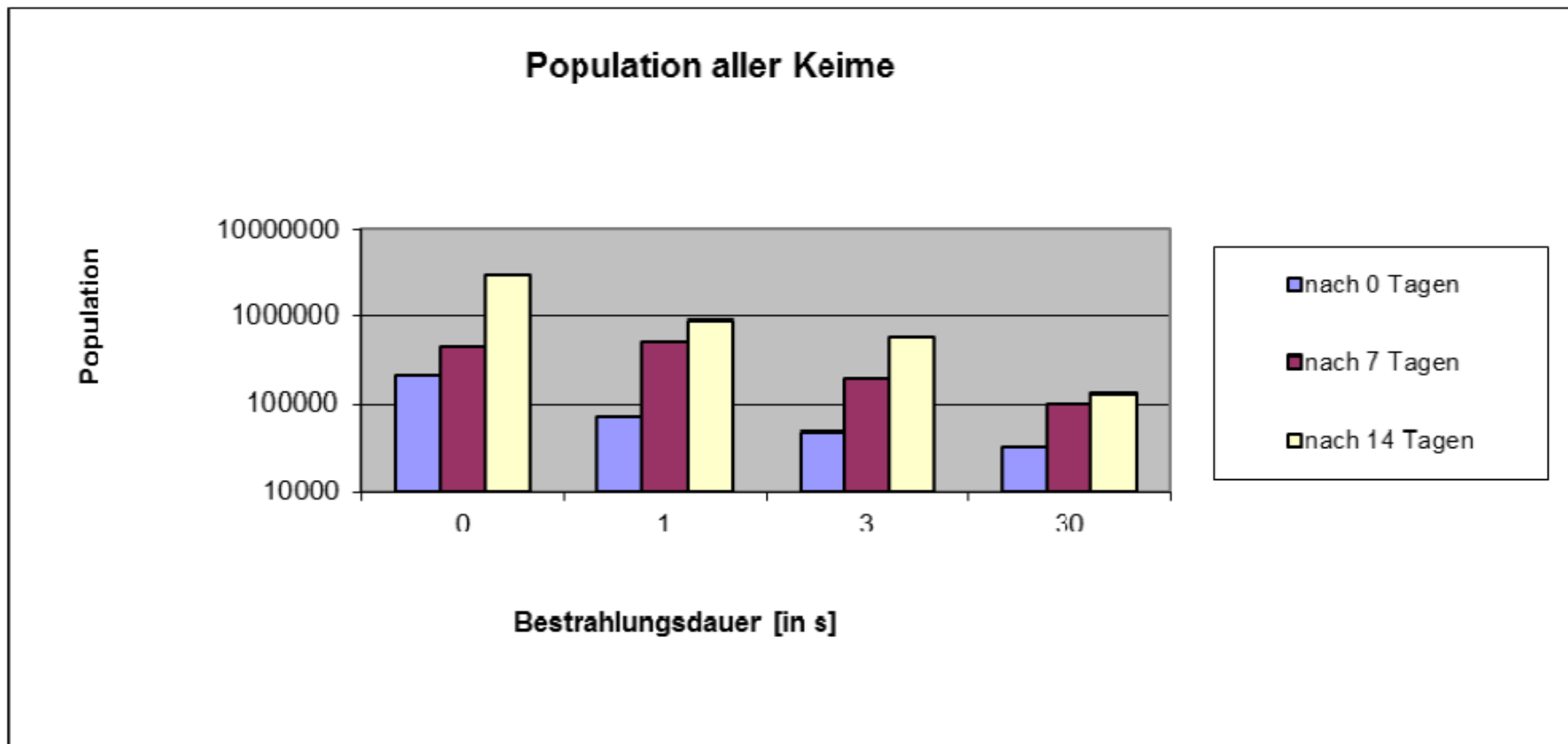
TABLE 1. Influence of two different pulsed-light sources on the viability of a variety of microbial populations

Treatment		No. of food-related microorganisms present (log ₁₀ CFU per plate [mean ± SD]) ^a						
Light Source	No. of pulses	<i>B. cereus</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. enteritidis</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>S. cerevisiae</i>
Untreated control	0	8.3 ± 0.1 B	9.4 ± 0.2 A	9.4 ± 0.1 A	9.6 ± 0.3 A	9.7 ± 0.2 A	8.7 ± 0.1 B	8.4 ± 0.2 B
High UV	100	4.5 ± 0.3 G	5.8 ± 0.4 E	5.2 ± 0.3 F	4.5 ± 0.1 G	5.2 F	4.3 ± 0.2 G	4.7 ± 0.2 G
	200	3.4 ± 0.3 H	5.0 ± 0.2 F	4.3 ± 0.1 G	3.4 ± 0.1 H	4.1 ± 0.2 G	2.9 ± 0.3 I	3.5 ± 0.1 H
Low UV	100	8.0 B	9.3 ± 0.1 A	8.9 ± 0.2 A	9.1 ± 0.1 A	9.1 ± 0.2 A	6.9 ± 0.3 D	8.0 ± 0.3 B
	200	7.9 ± 0.4 B	9.2 ± 0.1 A	8.1 ± 0.4 B	7.8 ± 0.2 C	8.1 ± 0.1 B	6.5 ± 0.1 D	7.7 ± 0.2 C

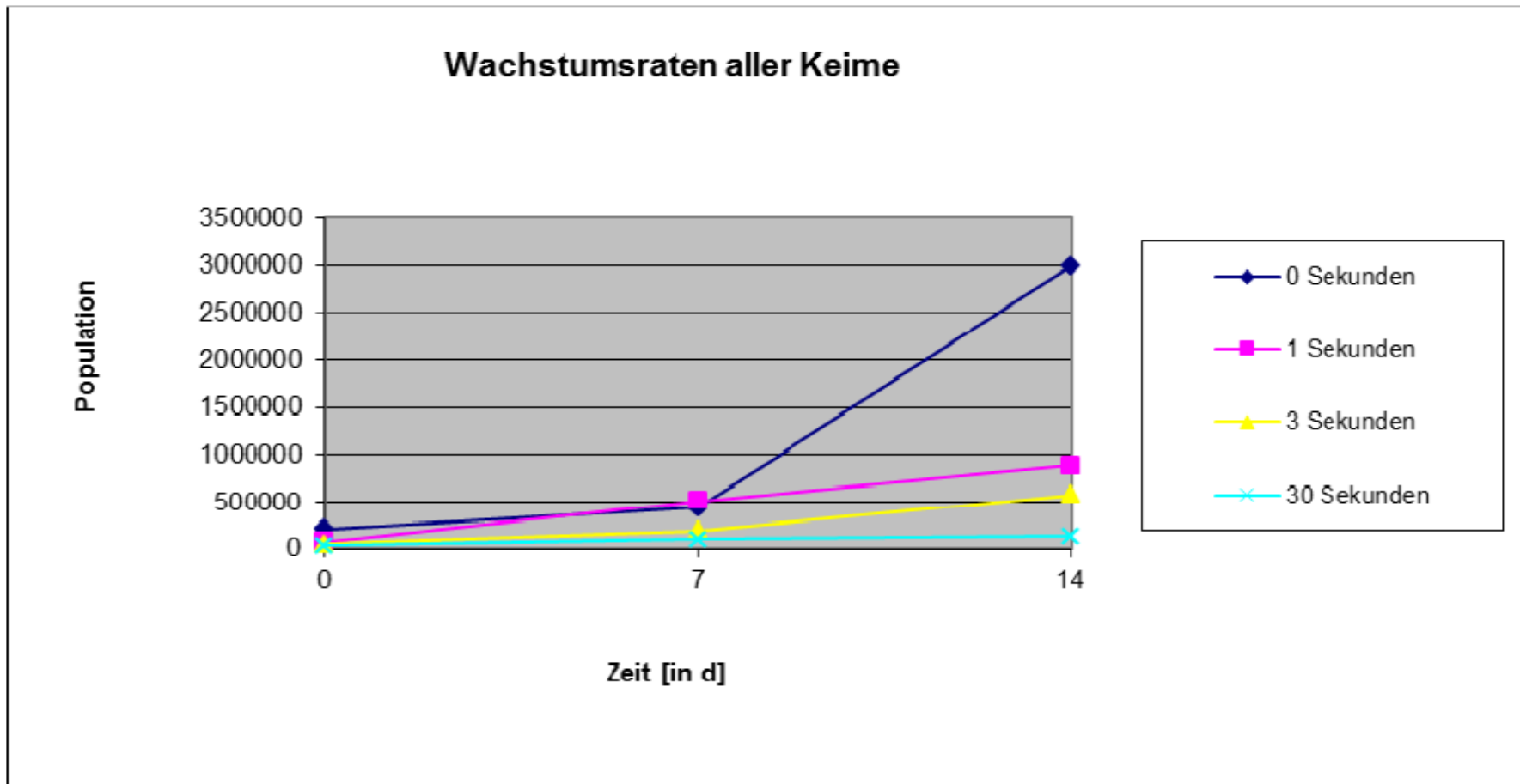
^a Measured as log₁₀ CFU per plate, where counts are averages of four replicate trials. Values followed by the same letter do not differ at the $P < 0.05$ level, whereas values followed by different letters differ at the $P < 0.05$ level.

Rowan et al. (1999)

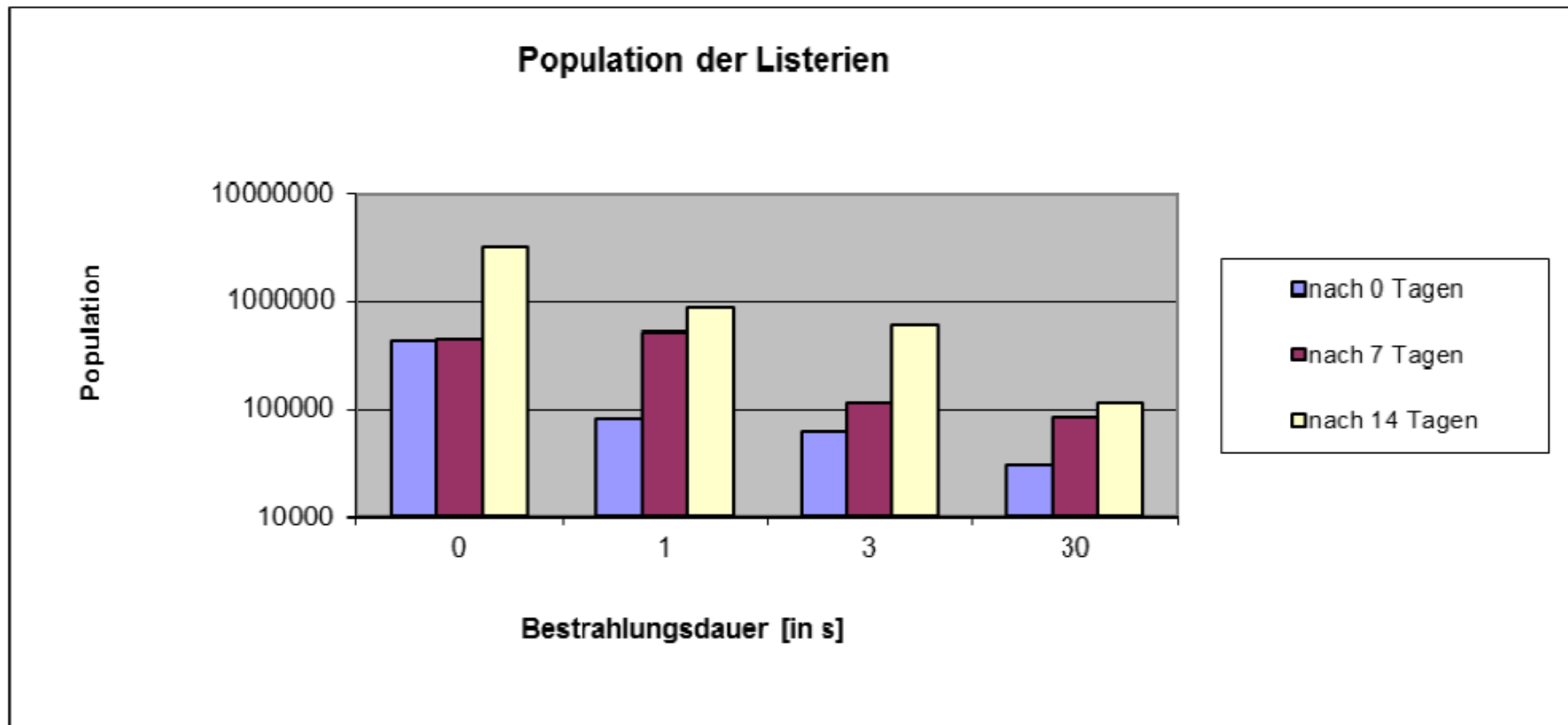
Anwendung von UV-C Strahlung zur Dekontamination von Lebensmitteln



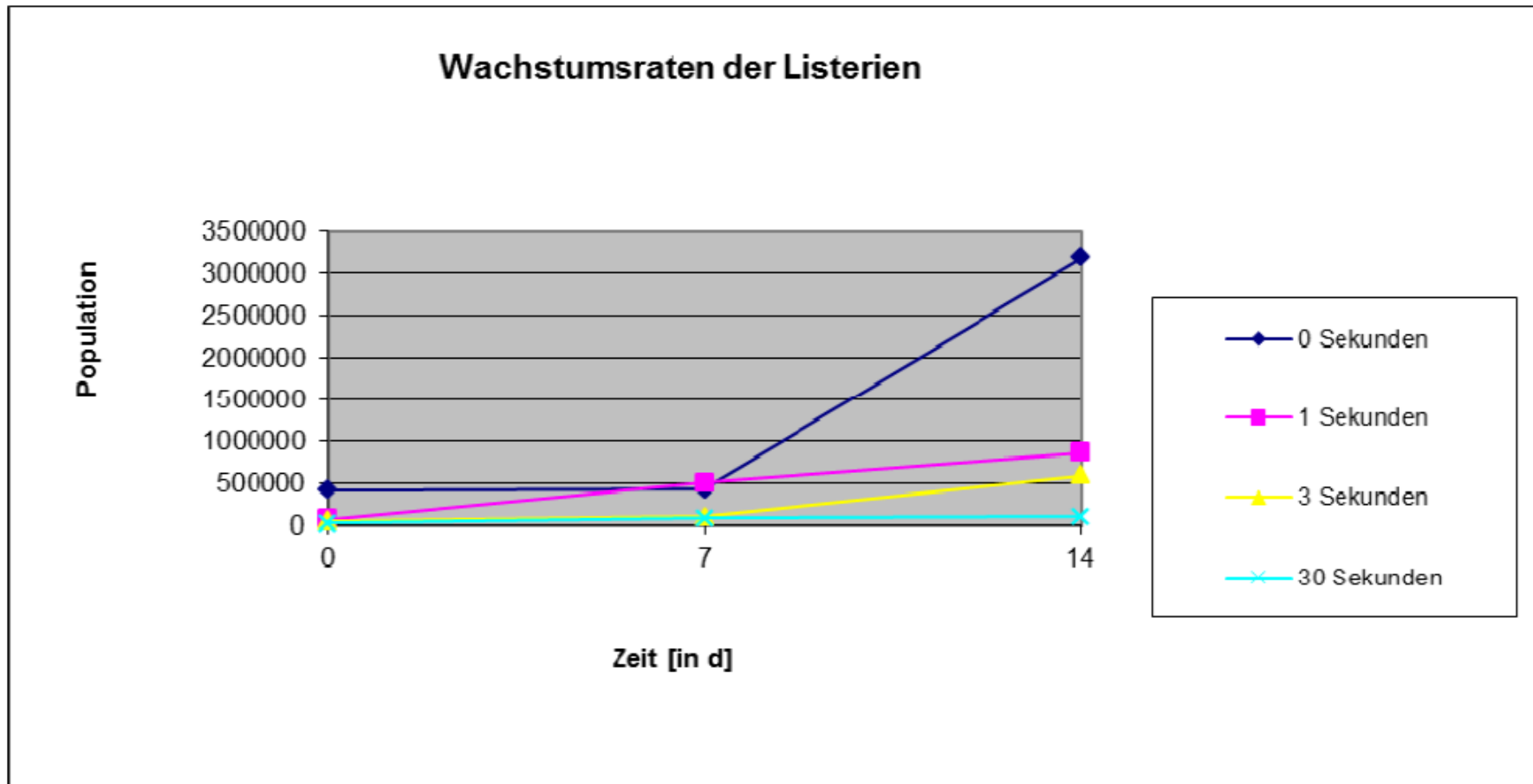
Gesamtkeimzahl in KbE/g einer Brühwurst logarithmisch dargestellt für die Bestrahlungsdauer von 0, 1, 3, 30 s und Lagerungszeit von 0, 7 und 14 Tagen (Esch, 2011).



Gesamtkeimzahl in KbE/g einer Brühwurst für die Bestrahlungsdauer von 0, 1, 3, 30 s und Lagerungszeit von 0, 7 und 14 Tagen (Esch, 2011).



Population der Listerien in KbE/g einer Brühwurst logarithmisch dargestellt für die Bestrahlungsdauer von 0, 1, 3, 30 s und einer Lagerzeit von 0, 7 und 14 Tagen (Esch, 2011).



Wachstumsverlauf der in der Brühwurst nachgewiesenen Listerien in KbE/g, nach einer Bestrahlungsdauer von 0, 1, 3 und 30 s und Lagerungszeiten von 0, 7 und 14 Tagen (Esch, 2011).

Haughten et al. (2011)

Auf rohem Geflügelfleisch (Brustfilet) Reduktion von *Campylobacter jejuni* um 0,76, *Escherichia coli* 0,98, *Salmonella* Enteritidis 1,34, Gesamtkeimzahl 1,76 und *Enterobacteriaceae* um 1,29 log KbE/g.

Isohanni und Lyhs (2009)

Reduktion von *Campylobacter jejuni* auf Geflügelfleisch, Broilerhaut bzw. Broilerkarkassen 0,7 bzw. 0,8 bzw. 0,4 log KbE/g.

Kim et al. (2002)

Reduktion, *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium* auf Geflügelfleisch mit oder ohne Haut <1,3 log KbE/g.

Sommers et al. (2010)

Reduktion von *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* und *Staphylococcus aureus* auf Frankfurter Würstchen 2,0 – 2,2 log KbE/g, Schweineschnitzel, Hühnerbrust und –keule 0,3 – 0,7 log KbE/g.

Mögliche Auswirkungen auf die Qualität und chemische Zusammensetzung

Veränderungen der Qualität von Fetten durch beschleunigte Oxidation unter UV-Einwirkung

Änderung der Farbe von Oberflächen und Einfluss auf zugesetzte Farbstoffe

Änderung des pH-Wertes

Toxikologische Aspekte biochemische Einflüsse der UV-Bestrahlung?

UV-C bedingte Schädigungen bei Mitarbeitern

Bei Bestrahlung mit kurzwelligem **UV-C-Strahlen** (100 bis 280 nm), z.B. durch Elektroschweißen, Höhensonne oder Lichtbogen sind **ausschließlich Hornhaut und Bindehaut** betroffen, nach einer Latenz von 5 bis 12 Stunden kommt es zur sogenannten *Keratokonjunktivitis photoelectrica* mit heftigen Schmerzen, Blepharospasmus, Tränenfluss und Blendungsempfindlichkeit. Nach chronischer Einwirkung kurzwelliger UV-Strahlen treten gehäuft Pterygien der Bindehaut und Basaliome im Lidbereich auf.

(Buchter et al. 2000)

Vor- und Nachteile

Pro

- Wirksamkeit lässt sich über Strahlungs-dosis steuern
- Glatte, helle Oberflächen scheinen besonders geeignet für UV-Behandlungen
- Wirtschaftlichkeit wird als gut beschrieben
- Das anvisierte Keimspektrum ist beherrschbar

Contra

- Wirksamkeit ist stark von der bestrahlten Matrixoberfläche abhängig (Struktur, Farbe, Zusammensetzung)
- Stoffliche Veränderungen sind nicht auszuschließen (→ Qualität, Toxikologie)
- Arbeitsschutzaspekte sind zu beachten

Zusammenfassung

Altbekannt und vielfach bewährtes Verfahren

Technologie ist ausgereift und beherrschbar

Effektivität für glatte Oberflächen belegt

Einsatzfähigkeit auf strukturierten
Lebensmitteloberflächen eingeschränkt

Resistenzentwicklung vegetativer Keime ?

Weitere physikalische Dekontaminationsverfahren

- Hochdrucksterilisations-Verfahren
- Impulsfeld-Verfahren
- Heiß-Wasser/Dampf-Dekontamination
- Plasma-Verfahren mittels ionisierter Gase
- Infrarot-Verfahren

DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

Niels Bandick

Bundesinstitut für Risikobewertung

Max-Dohrn-Str. 8-10; D - 10589 Berlin

Tel. 0 30 – 1 84 12 – 21 01 • Fax 0 30 – 1 84 12 - 47 41

niels.bandick@bfr.bund.de • www.bfr.bund.de