

Desinfektion, Antiseptika

Peter Bützer

Inhalt

Etwas Medizingeschichte	1
Was ist Desinfektion?	2
Simulation (Typ 1)	4
Annahmen.....	4
Sterilisationswerte	6
Peroxyessigsäure (PES) ein Desinfektionsmittel	7
Literatur	11

„Der grosse Feind der Wahrheit ist oft nicht die Lüge – überlegt, erfunden und unehrlich, sondern der Mythos – beständig, überzeugend und unrealistisch.“

John Fitzgerald Kennedy (1917-1963) Präsident der Vereinigten Staaten

Etwas Medizingeschichte

Der ungarische Arzt Ignaz Philipp Semmelweiss (1818 - 65) bemerkte, dass die Sterblichkeitsraten an Kindbettfieber der Frauen in den Wiener Krankenhäusern erschreckend hoch war, während von den Frauen, die mit Hilfe einer Hebamme ohne besondere Vorbildung zu Hause entbanden, nur wenige starben. Als er im April 1844 Assistent von Professor Dr. Johann Klein an der berühmten „Ersten Gebärklinik des Wiener Allgemeinen Krankenhauses“ wurde, war ein Kind zu kriegen nur ganz weniger gefährlich, als die schlimmste Lungenentzündung¹. Die Sterblichkeit in den in verschiedenen Flügeln des Krankenhauses untergebrachten Gebärstationen variierte erheblich² - hier kamen die Ärzte oft direkt vom Autopsie- zum Gebärraum. Es war ihm rasch ohne wissenschaftliche Begründung klar, dass die Ärzte auf dem Wege vom Sektions- zum Gebärraum irgendwie die Krankheit mitschleppen mussten. Wenn die Ärzte seine Anweisung befolgten, die Hände vor jeder Geburt gründlich mit einer Chlorklösung zu waschen, sank die Sterblichkeitsrate. Er veröffentlichte die Grundlagen nie, auf die er sich für seinen „Handwaschfanatismus“ abstützte und so konnten viele seine Ansichten nicht nachvollziehen. Die verärgerten Ärzte vertrieben ihn aus dem Krankenhaus, und die Sterblichkeitsrate stieg wieder.

Wie Semmelweiss bereitete dem englischen Chirurgen Joseph Lister (1827-1912) die erschreckende und stets anwachsende Sterblichkeit in der chirurgischen Abteilung seines Krankenhauses grösste Sorgen, das unter der Leitung des auf äusserste Sparsamkeit bedachten Verwaltungsrates stand. Listers Bemühungen um ein Mindestmass an Sauberkeit, was zwangsläufig Kosten nach sich ziehen musste, stiessen auf starken Widerstand. Doch trotz Sauberkeit griff die Sepsis, von jeher die grösste Gefahr in der Chirurgie, so um sich, dass man gemeinhin sagte, wer sich einer Operation unterzöge, sei grösseren Gefahren ausgesetzt als auf dem Schlachtfeld. Seine Arbeiten gründeten sich auf die Befunde des deutschen Physiologen Theodor Schwann (1810-1882) und der Keim-Theorie des französischen Biochemikers Louis Pasteur (1822-1895). 1867 erschien in der

Zeitschrift Lancet ein Artikel von Lister über die Anwendung von Antiseptika zur Versorgung und Behandlung von Wunden. Lister desinfizierte chirurgische die Instrumente und die Wunden mit einer wässrigen Lösung von Phenol (Carbolic Acid, Hydroxybenzol) und senkte damit die Sterblichkeit nach grösseren Amputationen innerhalb von fünf Jahren von 45 auf 12 Prozent. Die präoperative Hautdesinfektion, deren Ziel das gleiche ist wie jenes der chirurgischen Desinfektion der Hände, nämlich Vermeidung von Infektionen der Operationswunde, ist heute Routine und unbestritten. Ein Fortschritt ohne Schattenseiten? Nicht ganz, denn im 1. Weltkrieg (1914-1918) stellte Alexander Fleming (1881-1955) fest, dass die falsch angewendeten Antiseptika bei verwundeten Soldaten zu vielen unnötigen Erkrankungen durch anaerobe Bakterien führten³. Dasselbe gilt immer noch in Spitälern für die ungenügende Desinfektion der Instrumente, Wäsche, Mobiliar, Zimmer und des Personals, denn noch heute bewegt sich die Infektionsrate in Spitälern im hohen Bereich von 1:20 und verursacht mehr Tote als die Autounfälle und Morde^{4,5} - da ist noch grosser Handlungsbedarf und das kann man leicht in seinem persönlichen Umfeld bestätigt finden.

Was ist Desinfektion?

Definition der Desinfektion^{6,7}: „**Totes oder lebendes Material in einen Zustand versetzen, dass es nicht mehr infizieren kann**“, Synonyme sind Entseuchung (abtöten der Krankheitserreger), Entkeimung (Abtötung aller Kleinstlebewesen)⁸, Sterilisation⁹. Desinfektion ist chemisch die Umwandlung von Molekülen von Krankheitserregern, so dass sie nicht mehr überlebensfähig sind.

Bei der Desinfektion werden die Krankheitserreger, bei der Sterilisation alle Keime (pathogen oder apathogen) abgetötet¹⁰ - ihre Wirkung muss somit bakterizid, fungizid, viruzid und sporizid sein. Die Methoden sind bei der Desinfektion meist chemisch¹¹, bei der Sterilisation meist physikalisch¹². Aufgrund ihrer Wirkungsweise sind grosse Dosen gefährlich¹³. Lokal anzuwendende Desinfektionsmittel für die Wunddesinfektion werden Antiseptika genannt.

Die gewohnheitsmässige Anwendung von Desinfektionsmitteln zur Reinigung der Hände im Haushalt kann neben die Gesundheit bedrohenden Keimen gleichzeitig die Hautflora zerstören, welche z. B. gegen einige Hauterkrankungen schützt. Verwendet man stattdessen einfach Seife oder Seifenersatz, so waschen die enthaltenen Tenside die meisten Verschmutzungen besser aus, als sie die Hautflora desinfizieren.

Mikroorganismen können gegen bestimmte Desinfektionsmittel mit der Zeit eine Resistenz entwickeln. Deshalb muss die anhaltende Wirksamkeit einer Substanz von Zeit zu Zeit getestet oder das Desinfektionsmittel in regelmässigen Abständen gewechselt werden¹⁴. Mikroorganismen werden gegenüber starken Desinfektionsmitteln, entgegen einer weit verbreiteten Meinung manchmal doch resistent – sie besitzen oft das Enzym Catalase, das sie für die Abwehr einsetzen können¹⁵. Diese Desinfektionsmittel sind chemisch so reaktiv, dass Mikroorganismen ihre Moleküle nicht schützen können. Auch sind antibiotikaresistente Keime gleich empfindlich oder ebenso widerstandsfähig gegenüber Desinfektionsmitteln wie ihre nicht genetisch veränderten Varianten¹⁶. Es gibt kein Desinfektionsmittel, das alle Arten von Mikroorganismen abtötet, daher müssen eventuell Produkte mit sich

ergänzenden Wirkungsspektren verwendet werden. Schwache Desinfektionsmittel sind häufig nicht sporozid und oft nur fungistatisch oder virustatisch, Detergentien oft sogar noch weniger wirksam.

Die Wahrscheinlichkeit des Überlebens eines Testorganismus wird als SAL (Sterility Assurance Level) bezeichnet. Für ein korrektes Sterilisationsverfahren wird international ein SAL von 10^{-6} gefordert. Ein SAL von 10^{-6} bedeutet, dass höchstens ein lebender Mikroorganismus in 10^6 sterilisierten Einheiten des Endprodukts vorhanden ist.

Man geht bei der Sterilisation aus Erfahrung von einer exponentiellen Absterbekinetik der Mikroorganismen aus¹⁷. In jeder Zeiteinheit ist der Anteil der abgestorbenen Individuen einer Population gleich. Man bezeichnet die Zeit, in der neun Zehntel der Population absterben, die Population also auf ein Zehntel reduziert wird, als Dezimalreduktionszeit D. Diese Zeit ist von der Art oder dem Stamm des Mikroorganismus, der Temperatur und weiteren Umgebungsbedingungen (vor allem der Wasseraktivität, auch dem pH-Wert) abhängig. Eine Dezimalreduktionszeit bei einer Temperatur T wird mit D_T bezeichnet.

Zusammenhang zwischen der Dezimalreduktionszeit D_T und der Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten k:

$$N = \frac{N_0}{10}; \frac{1}{t_{1/10}} = \frac{1}{D_T} = k \cdot \ln \frac{N_0}{10 \cdot N_0} = \frac{k}{\ln(10)}$$

$$k = \frac{\ln(10)}{D_T}$$

Tabelle 1: Beispiele für Dezimalreduktionszeiten von Bakterien-Endosporen in reinem Wasser (Wasseraktivität 1), bei 121 °C in Minuten¹⁸.

Bakterien-Art	$D_{121\text{ °C}}$ (Minuten)	Mittelwert (Minute)	k (1/Minute)
Bacillus subtilis ¹⁹	0,4 bis 0,8	0.6	3.8
Bacillus cereus	0,03 bis 2,3	1.15	2.0
Bacillus stearothermophilus	2,0 bis 5,0	3.5	0.66
Bacillus polymyxa	etwa 0,005	0.005	460
Clostridium botulinum A und B	0,1 bis 0,2	0.15	15.3
Clostridium sporogenes	0,1 bis 1,5	0.8	2.9
Clostridium thermosaccharolyticum	69 bis 70	70	0.033
Desulfotomaculum nigrificans	2,0 bis 3,0	2.5	0.92

Die Empfindlichkeitsunterschiede der verschiedenen Bakterien Arten auf die thermische Sterilisation ist beachtlich – ein Faktor von ca. 14'000.

In Kliniken werden 18 Minuten bei 134°C empfohlen²⁰, um auch besonders hitzeresistente Sporen abzutöten (z.B. Bacillus stearothermophilus).

Quintessenz:

Desinfektion ist ein dynamischer Prozess als Konkurrenz von Reaktivität des Desinfektions- oder Sterilisationsmittels und der Resistenz der Mikroorganismen.

Startet man mit einem Anfangswert von 10^6 Bakterien und dem SAL= 10^{-6} als Ziel, dann braucht die Sterilisation zwölf $D_{121\text{-C}}$ -Zeiten (0.1^{12}). Die häufig verwendeten Sterilisationszeiten von 30 - 60 Minuten finden so ihre Begründung.

Simulation (Typ 1)²¹

Annahmen

Die Absterbe-Kinetik ist proportional der Anzahl vorhandener Bakterien (Population).

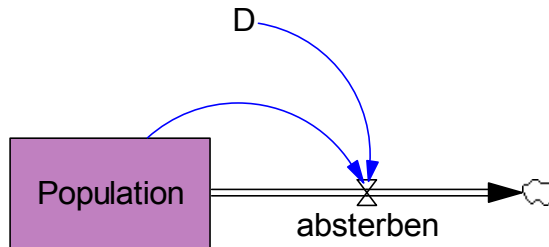


Abbildung 1: Simulationsdiagramm der Absterbe-Kinetik mit der Dezimalreduktionszeit D

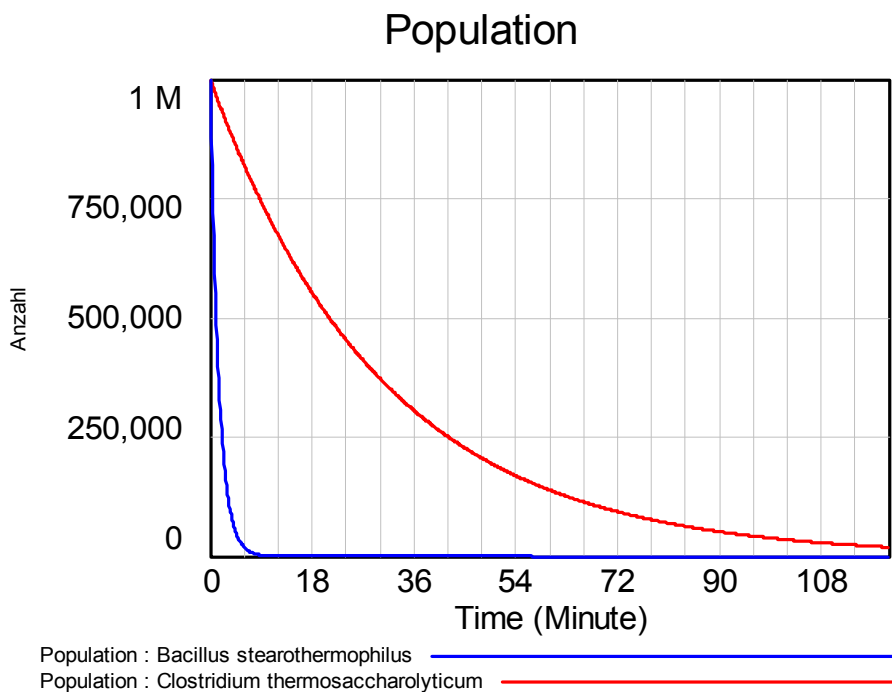


Abbildung 2: Zeitdiagramm zum Vergleich der Sterilisation bei 121 °C zweier Bakterien-Arten – die unterschiedliche Empfindlichkeit wird deutlich.

Dokumentation (Parameter, Gleichungen)

- (1) $absterben = \ln(10)/D * Population$
 Units: Anzahl/Minute [0, ?]
 $dN/dt = k * No$; Reaktionsgeschwindigkeitskonstante $k = \ln(10)/D$
- (2) $D = 1$
 Units: Minute [0, 100]
- (3) FINAL TIME = 120
 Units: Minute
 The final time for the simulation.
- (4) INITIAL TIME = 0
 Units: Minute
 The initial time for the simulation.
- (5) Population = INTEG (-absterben, 1e+006)
 Units: Anzahl [0, ?]
 Anfangspopulation: 1'000'000 Keime

- (6) SAVEPER = TIME STEP
Units: Minute [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (7) TIME STEP = 0.1
Units: Minute [0,?]
The time step for the simulation.

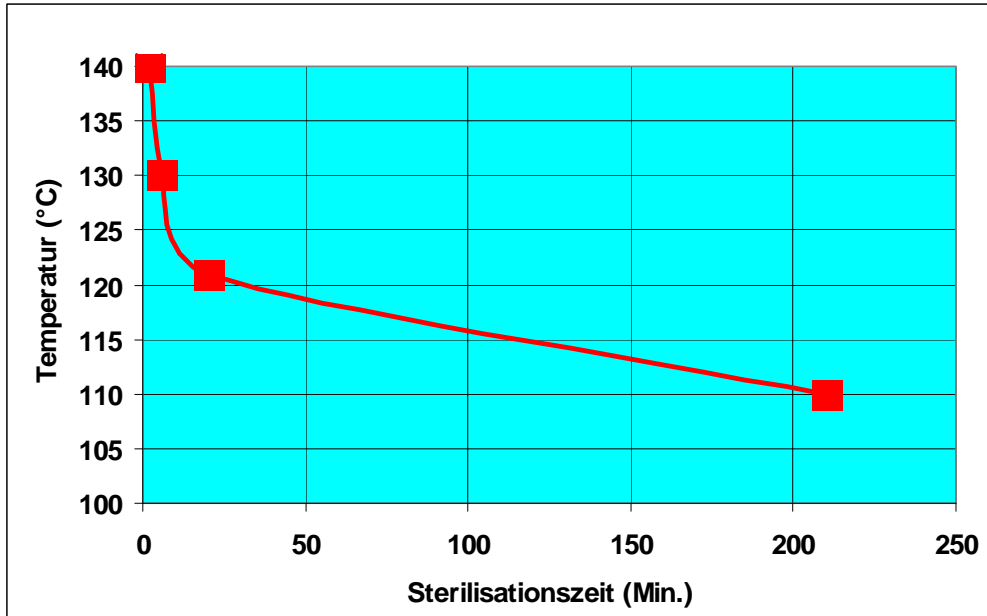


Abbildung 3: Abhängigkeit der Sterilisationszeit von der Temperatur, *Bacillus stearothermophilus*²².

Geht man davon aus, dass der reziproke Wert der Sterilisationszeit eine Geschwindigkeit ist, dann lässt sich aus den Messungen der obigen Abbildung die Aktivierungsenergie für die Sterilisation der *Bacillus stearothermophilus* abschätzen.

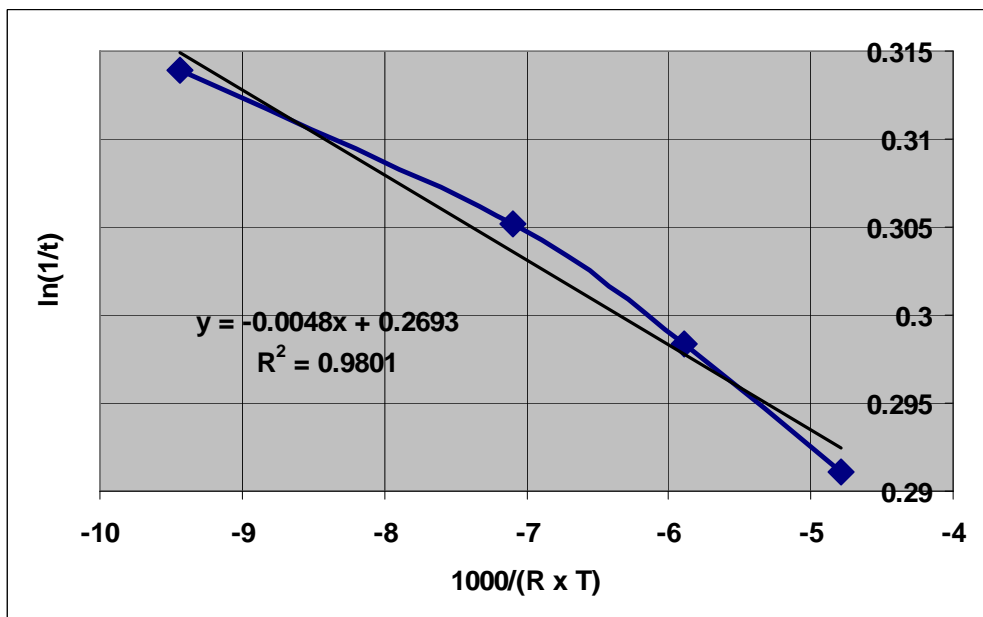


Abbildung 4: Abschätzung der Aktivierungsenergie für die Sterilisation von *Bacillus stearothermophilus* mit einem modifizierten Arrhenius-Plot.

Die Aktivierungsenergie beträgt 0.0048 kJ/mol oder ca. 5 J/mol. Das ist ausserordentlich wenig, das entspricht etwa der Bindungsenergie von van der Waals-Bindungen.

Die Dezimalreduktionszeiten liegen bei Bakterien-Endosporen im trockenen Zustand wesentlich höher. Deshalb sind zum Sterilisieren im trockenen Zustand höhere Temperaturen und längere Einwirkzeiten erforderlich.

Sterilisationswerte

Tabelle 2: Gebräuchliche Symbole bei der Sterilisation.

F-Wert	D-Wert	z-Wert
<p>Gesamtletalität bei der thermischen Sterilisation bei isothermer Behandlung mit 121°C.</p> <p>Ein F₀-Wert von 5 bedeutet, dass die Wärmebehandlung der Probe während des gesamten Sterilisationsprozesses (Aufheizen, Haltezeit, Abkühlung) insgesamt einer Behandlung bei 121°C für 5 Minuten äquivalent war.</p>	<p>Dezimale Inaktivierungsdauer, Dezimalreduktionszeit, welche die Erhitzungszeit angibt, die erforderlich ist, um die Anzahl der Mikroorganismen um eine Zehnerpotenz zu verringern (= dezimale Reduktionszeit, Destruktionswert).</p>	<p>Dieser gibt die Temperaturerhöhung (in °C) an, die erforderlich ist, um den D-Wert auf 1/10 zu verringern.</p>
<p>$F_0 = D (\log a - \log b) = t$</p> $F = D_{TR} \log\left(\frac{N_0}{N_t}\right) = \int_0^t 10^{\frac{T-T_R}{z}} dt$ <p>N₀ = Anfangskeimzahl der Probe</p> <p>N_t = Keimzahl der Probe nach der Hitzebehandlung</p> <p>D_{TR} = dezimale Reduktionszeit eines Leitkeims bei der Referenztemperatur T_R (121°C).</p> <p>T = aktuelle Temperatur (°C)</p>	<p>D₁₂₁ = 3 heisst, dass 3 Minuten bei 121 °C erhitzt werden muss, um die Zahl der Mikroorganismen um eine Zehnerpotenz zu reduzieren.</p> <p>D-Werte lassen sich graphisch aus der Steigung der logarithmischen Auftragung der Keimzahl (N) über der Erhitzungszeit (t) ermitteln.</p>	<p>z = 10 heisst, dass die Temperatur um 10°C erhöht werden muss, um D auf D/10 zu reduzieren. Das kann heissen, dass die Temperatur von 121°C auf 131°C erhöht werden muss, um den D₁₂₁ =3 auf D = 0.3 zu reduzieren.</p>

Peroxyessigsäure (PES) ein Desinfektionsmittel

Synonyme: Ethanperoxosäure, Peressigsäure, alt: Acetopersäure, peroxyacetic acid (PAA), acetic peroxide, peracetic acid, acetyl hydroperoxide, desoxon 1, ethaneperoxoic acid

$C_2H_4O_3$, CH_3CO_3H
 Smiles: CC(=O)OO
 InChI=1/C2H4O3/c1-2(3)5-4/h4H,1H3
 CAS-Nr.: 79-21-0
 UN 2131

Farblose Flüssigkeit
 M: $76.05 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
 Dichte: 1.13 g/cm^3
 Dampfdruck: 7.9 mmHg ($25 \text{ }^\circ\text{C}$)
 Henry-Konstante: $2.17\text{E-}001 \text{ (Pa}\cdot\text{m}^3/\text{mol)}$
 Brechungsindex: 1.3994
 Praktisch vollständig wasserlöslich
 logKOW: -1.07
 pKs: 8.20 (also viel weniger sauer als Kohlensäure mit pKs=6.4)
 Schmelzpunkt: $0.1 \text{ }^\circ\text{C}$
 Siedepunkt: $105 \text{ }^\circ\text{C}$
 Flammpunkt: $40.5 \text{ }^\circ\text{C}$
 Selbstentzündungstemp: $200 \text{ }^\circ\text{C}$ / Peressigsäure (< 40%)
 R-Sätze: 7-10-20/21/22-35-50
 S-Sätze: (1/2)-3/7-14-36/37/39-45-61



40%ige Peressigsäure ist ziemlich unempfindlich auf Schlag, kann bei Temperaturen von 110°C jedoch heftig explodieren²³.

Konstitutionsformel	Stick and Ball-Modell mit Elektronenhülle	Elektronenhülle, rot: grosse e-Dichte, blau: kleine e-Dichte

Abbildung 5: Formel und Modelle von Peressigsäure

Tabelle 3: Oxidationskapazität wichtiger Desinfektionsmittel im Vergleich²⁴.

Desinfektionsmittel	Potential (eV)
Fluor (F ₂)	3.0
Hydroxyl Radikal (HO•)	2.8
Ozon (O ₃)	2.07
Peressigsäure (CH ₃ CO ₃ H)	1.81
Wasserstoffperoxid (H ₂ O ₂)	1.8
Kaliumpermanganat (KMnO ₄)	1.7
Chlordioxid (ClO ₂)	1.57
Chlor (Cl ₂)	1.4
Natriumhypochlorit (NaOCl)	1.36

Diese Desinfektionsmittel sind in genügend hohen Konzentrationen und entsprechender Inaktivierungsdauer bakterizid, sporozid, fungizid und viruzid.

Normalerweise werden 0.1-0.2%ige Lösungen verwendet. Eine 0.4%ige Lösung Peressigsäure gilt bei der Hautdesinfektion als obere Grenze der Verträglichkeit. 1-3%ige Lösungen rufen nach mehrstündigen Einwirkungen Reizerscheinungen hervor, bei höheren Konzentrationen kommt es zu Verätzungen.

Peressigsäure wirkt mit der Freisetzung von aktiven Sauerstoffradikalen. Diese werden rasch abgebaut und zeigen deshalb eine kurze Wirkdauer²⁵. Von Bedeutung für die Anwendung ist die korrosive Wirksamkeit z.B. auf Metalle.

Die Gleichung von Arrhenius gilt für die Desinfektion, denn bei einer Temperatur von 15 °C bei einem pH-Wert von 7, benötigt man eine fünfmal höhere Konzentration von Peressigsäure als bei einem pH-Wert von 7 und einer Temperatur von 35 °C²⁶.

Peressigsäure liegt im Gleichgewicht vor:



$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOOH}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{H}_2\text{O}_2]}$$

Bei der Destillation liegt die Gleichgewichtskonzentration bei 40% Peressigsäure.

Tabelle 4: Kinetische Daten^{27,28}

Temp(°C)	k	K
25	1.71E-03	2.00
35	3.73E-03	1.65
40	5.38E-03	1.46
45	9.64E-03	1.38
60	3.17E-02	1.07

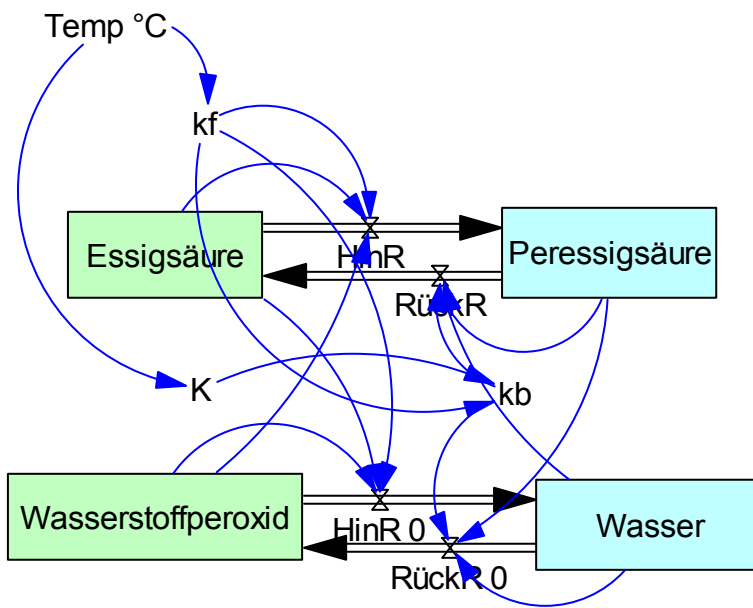


Abbildung 6: Simulationsdiagramm des Gleichgewichts

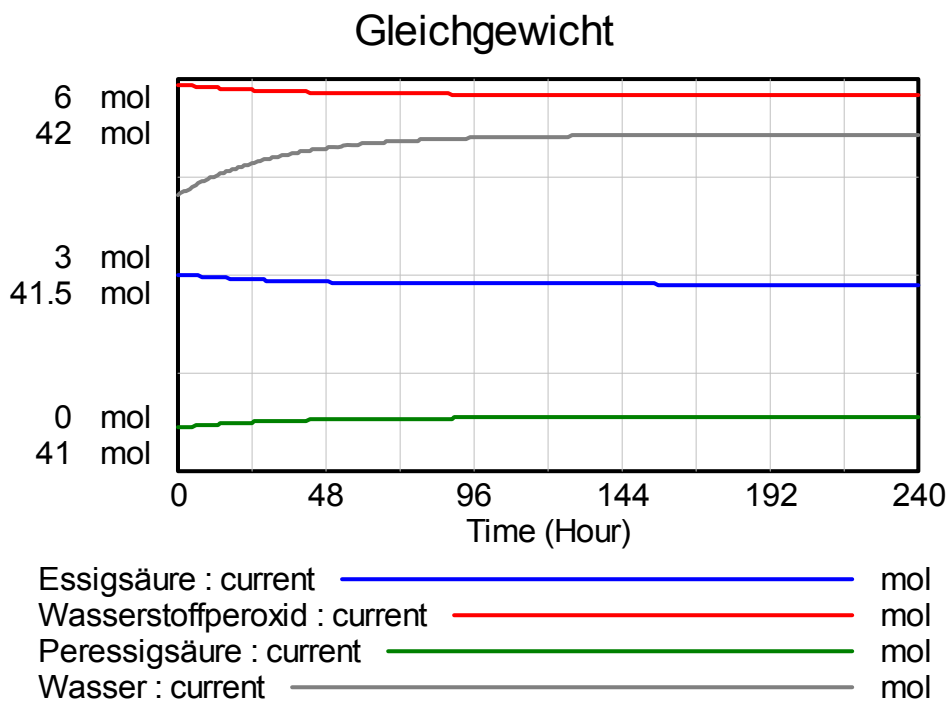


Abbildung 7: Zeitdiagramm des Gleichgewichts bei 20°C

Dokumentation (Gleichungen, Parameter)

- (01) Essigsäure= INTEG (+RückR-HinR, 3)
Units: mol [0,?]
- (02) FINAL TIME = 240
Units: Hour
The final time for the simulation.
- (03) HinR= kf*Essigsäure*Wasserstoffperoxid
Units: mol/Hour [0,?]

- Reaktionsgeschwindigkeit, Der abgeschätzte Faktor für die Temperaturänderungen hat einen direkten Einfluss auf die Reaktions-Geschwindigkeits-Konstante
- (04) $\text{HinR } 0 = \text{kf} * \text{Wasserstoffperoxid} * \text{Essigsäure}$
 Units: mol/Hour [0,?]
- Reaktionsgeschwindigkeit, Der abgeschätzte Faktor für die Temperaturänderungen hat einen direkten Einfluss auf die Reaktions-Geschwindigkeits-Konstante
- (05) INITIAL TIME = 0
 Units: Hour
 The initial time for the simulation.
- (06) $K = -0.0261 * \text{Temp } ^\circ\text{C} + 2.5824$
 Units: Dmnl [0,10]
 Gleichgewichtskonstante; berechnet aus Trendlinie
- (07) $\text{kb} = \text{kf} / K$
 Units: 1/(Hour*mol) [0,?]
 backward: Reaktionsgeschwindigkeits-Konstante
- (08) $\text{kf} = 0.0002 * \text{EXP}(0.0844 * \text{Temp } ^\circ\text{C})$
 Units: 1/Hour/mol [0.00171,0.00964]
 forward: Reaktionsgeschwindigkeits-Konstante, HWZ der Reaktion
 =ln(2)/k, berechnet aus Trendlinie
- (09) Peressigsäure= INTEG (HinR-RückR, 0.65)
 Units: mol [0,?]
- (10) RückR= $\text{kb} * \text{Peressigsäure} * \text{Wasser}$
 Units: mol/Hour [0,?]
 Reaktionsgeschwindigkeit
- (11) RückR 0= $\text{kb} * \text{Wasser} * \text{Peressigsäure}$
 Units: mol/Hour [0,?]
 Reaktionsgeschwindigkeit
- (12) SAVEPER = TIME STEP
 Units: Hour [0,?]
 The frequency with which output is stored.
- (13) Temp °C= 20
 Units: Dmnl [10,70] dimensionslos, da für die Trendlinien von kf un K eingesetzt
- (14) TIME STEP = 1
 Units: Hour [0,?]
 The time step for the simulation.
- (15) Wasser= INTEG (HinR 0-RückR 0, 41.7)
 Units: mol [0,?]
- (16) Wasserstoffperoxid= INTEG (+RückR 0-HinR 0,5.9)
 Units: mol [0,?]

Tabelle 5: Gleichgewichtsangaben²⁹

Zusammensetzung	Wässriges PES %	Wässriges PES mol/l	Gleichgewicht PES %	Gleichgewicht PES mol/l
Peressigsäure	25-30	3.3-3.9	15	1.97
Essigsäure	2-3	0.32-0.48	20	3.22
Wasserstoffperoxid	<1	<0.29	18	5.29
Schwefelsäure	<0.01		0.8	
Wasser	72-77	40-43	44	24.44

Literatur

- ¹ De Kruif P., Kämpfer für das Leben, Ruhmestaten grosser Naturforscher und Ärzte, Verlag Ullstein, Berlin, 1933, S. 45
- ² Schwarcz J., Der Geist aus der Flasche, Neue Episoden vom Leben auf Molekülbasis, Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH, Reinbeck bei Hamburg, 2003, S. 283
- ³ Brown K., Penicillin Man, Alexander Fleming and the Antibiotic Revolution, Sutton Publishing Ltd., Phoenix Mill, 2004, p.59
- ⁴ Bell Charles, Q&A: Hospital Infection Rates Rarely Disclosed Despite Thousands of Deaths, <http://abcnews.go.com/2020/Health/story?id=1211180&page=1>, 2009-08-23
- ⁵ Kohn L.T., Corrigan J.M., Donaldson M.S., (Ed.), To err is human : building a safer health system, National Academy Press, 2101 Constitution Avenue, N.W., Box 285, Washington, 2000
- ⁶ Desinfektion von De(s) ~ent- und latein.: inficere=vergiften, anstecken. Bei Flüssigkeiten, insbesondere bei Wasser, verwendet man statt Desinfektion meist Entkeimung. Begrifflich überschneiden sich Desinfektion mit Sterilisation und Konservierung.
- ⁷ Desinfektionsmittel, Römpf Lexikon Chemie – Version 2.0, Stuttgart/New York: Georg Thieme Verlag 1999
- ⁸ Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Desinfektion, <http://www.gbe-bund.de/glossar/Desinfektion>, 2009-08-23
- ⁹ ROCHE Lexikon Medizin, Urban & Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore, 1984, S. 340
- ¹⁰ Lüllmann H., Mohr K., Ziegler A., Taschenbuch der Pharmakologie, Georg Thieme Verlag Stuttgart/New York, 1994, S. 282
- ¹¹ Stephan U., Elstner P., Müller R.K. (Hrsg.), Fachlexikon ABC Toxikologie, Verlag Harri Deutsch, Thun/Frankfurt, 1985, S. 104
- ¹² Meyers F.H., Jawetz E., Goldfien A., Lehrbuch der Pharmakologie, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York, 1975, S. 632
- ¹³ Moeschlin S., Klinik und Therapie der Vergiftungen, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1980, S. 191, 192, 217, 283, 285, 342, 340, 364, 489
- ¹⁴ Thalmann P., Chemische Desinfektion, Version 15. Mai, 2007, http://www.kantonslabor-bs.ch/files/infos/Desinfektion_Version_5_07.pdf, 2009-08-23
- ¹⁵ Kaufmann S.H.E., Mononukleäre Phagozyten und Antigen-präsentierende Zellen, in: Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie (Hrsg.: Helmut Hahn, Stefan H. E. Kaufmann), 5. Auflage, Springer-Verlag, 2004, 112
- ¹⁶ Rosenberg U. in: Weinig F., Hahnen K., Handbuch Sterilisation Lehr- und Lernbuch für die Fachkundeflehrgänge I und II von DGSV und SGSV, 5. Kapitel: Desinfektionsmittel, 03.11.2003, S.7

-
- ¹⁷ Esty, J. R. & Meyer, K. F., The heat resistance of the spores of *B. Botulinus* and allied anaerobes. XI. *J. Infectious Diseases* 31, 1922, pp.650-663, Ball, C. O. and Olson, F. C. W., "Sterilization in Food Technology", McGraw-Hill, London, 1957, Stumbo, C. R., "Thermobacteriology in Food Processing", Academic Press, London, 1973, Casolari, A., About basic parameters of food sterilization technology. *Food Microbiology* 11, 1994, p.75-84; zitiert in Casolari A., Food Sterilization by Heat, <http://www.vency.com/sterilization.html>, 2008-06-03
- ¹⁸ Sterilisation: <http://de.wikipedia.org/wiki/Sterilisation>, 2008-05-20
- ¹⁹ Euzéby J.P., Dictionnaire de Bactériologie Vétérinaire, Thermorésistance des endospores, D'après LARPENT (J.P.) et LARPENT-GOURGAUD (M.) : Mémento technique de microbiologie. Lavoisier, Technique & Documentation, 3ème édition, Paris, 1997, p.1039
- ²⁰ Widmer, Andreas F., Tietz Andreas, *Praktische Hygiene in der Arztpraxis*, Schweiz Med Forum, 5, 2005, 660–666
- ²¹ Bützer P., Roth M., *Die Zeit im Griff, Systemdynamik in Chemie und Biochemie*, Verlag Pestalozzianum, 2006, S.37
- ²² *Biotechnologie, Gentechnik, Teil 3, Arbeiten in der Produktion*, IVSS, 1999, S.63, Abb.37
- ²³ Urben P.G. (Ed.), Pitt M.J., *Bretherick's Handbook of Reactive Chemical Hazards*, Elsevier Ltd., Oxford, 7th Ed., Vol.1, 2007, p.355
- ²⁴ NOSB TAP Materials Database, Peracetic Acid, <http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5067081>, 2008-05-20
- ²⁵ Naegeli H., Kupper J., *Reinigung und Desinfektion: Gesundheitsgefahren, Rückstände - eine Übersicht*, *Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene*, 97(4), 2006, 232-240
- ²⁶ Lenntech, Disinfectants Peracetic acid, <http://www.lenntech.com/water-disinfection/disinfectants-peracetic-acid.htm>, 2009-08-23
- ²⁷ Kunigk L., Gomes D.R., Forte F., Vidal K.P., Gomes L.F., Sousa P.F., The Influence of Temperature on the Decomposition Kinetics of Peracetic Acid in Solutions, *Braz. J. Chem. Eng.*, Vol. 18, issue 2, 2001, pp. 217-220
- ²⁸ Dul'neva L., Moskvina A., Kinetics of Formation of Peroxyacetic Acid, <http://www.ingentaconnect.com/content/maik/rugc/2005/00000075/00000007/00000378?crawler=true>, 2009-08-25
- ²⁹ Peracetic Acid In Water, <http://www.peragen.com/paaproductinfo.html>, 2009-08-25