



universität
wien

MASTER THESIS

Titel der Master Thesis / Title of the Master's Thesis

„Das Risiko einer Kontamination von österreichischem
Trinkwasser durch Naturkatastrophen und die Effizienz
von Präparaten zur chemischen Wasserdesinfektion“

verfasst von / submitted by

Dr. med. univ. Florian Heger

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2020 / Vienna 2020

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
Postgraduate programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 992 242

Universitätslehrgang lt. Studienblatt /
Postgraduate programme as it appears on
the student record sheet:

Risikoprävention und Katastrophenmanagement

Betreut von / Supervisor:

Brigadier Mag. Dr. Friedrich Teichmann MAS MSc

II. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt an dieser Stelle zu aller Erst meinem Betreuer Brigadier Mag. Dr. Friedrich Teichmann MAS MSc, der sich nach einem kurzen Gespräch sofort bereit erklärte mich beim Schreiben dieser Arbeit mit seinem breiten Wissen und seiner jahrelangen Erfahrung im Bereich des wissenschaftlichen Arbeitens zu unterstützen. Nicht nur stand er mir mit viel Expertise und Fachwissen jederzeit zur Verfügung, sondern unterstützte mich auch mit vielen nützlichen Tipps, Hinweisen und Vorschlägen, die ich auch noch in vielen anderen Bereichen meiner wissenschaftlichen Laufbahn anwenden kann.

Ein weiterer Dank gilt meinen Eltern, die mir dieses Studium nicht nur finanziell ermöglichen haben, sondern die mich auch motiviert und unterstützt haben, dieses ohne Verzögerung zu absolvieren und abzuschließen.

An dieser Stelle möchte ich mich auch bei meiner Lissy Felsberger bedanken, die mich in dieser zeitintensiven Phase meines Lebens begleitet hat, mich bestmöglich unterstützt hat und oft auch ein Auge zugeedrückt habe, wenn mit den zeitlichen Ressourcen zu knapp wurden. Ich möchte ihr hier für ihr Verständnis und ihre Opferbereitschaft danken und dafür, dass sie auch in schwierigen Phasen stets für mich da war.

Ein Dankeschön auch an meinen Institutsleiter PD Mag. Dr. Alexander Indra, der es mir ermöglicht hat, dieses Studium parallel zu meiner Arbeit bei der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit zu absolvieren und der mir auch in wissenschaftlichen und fachlichen Belangen als Mentor stets zur Seite steht und mir sein Vertrauen geschenkt hat.

Zu guter Letzt möchte ich mich auch bei Univ.-Prof. Dr. Thomas Glade bedanken, der diesen postgraduellen Lehrgang ins Leben gerufen hat und der stets bemüht ist, ihn permanent zu verbessern und weiterzuentwickeln. Er hat damit eine immens wichtige und hochwertige Ausbildung geschaffen, die international ihres Gleichen sucht damit seinen Weitblick in diesem besonders wichtigen Bereich des öffentlichen Lebens unter Beweis gestellt.

III. Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Master Thesis selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

Wien, August 2020

Dr. med. univ. Florian Heger

IV. Verzeichnisse

Inhalt

II. Danksagung	3
III. Eigenständigkeitserklärung	5
IV. Verzeichnisse	7
Inhalt	7
Tabellen	9
Abbildungen	11
V. Abkürzungsverzeichnis	13
VI. Vorwort	15
1. Einleitung und theoretischer Hintergrund	17
Relevanz und Kernfrage	18
Kontamination von Trinkwasser	19
International	19
National.....	20
Ursachen, Erreger und Erkrankungen	21
Erreger als Infektionsauslöser- International	21
Erreger als Infektionsauslöser- National.....	22
Erregerprofile	22
Escherichia coli.....	23
Enterococcus faecalis.....	23
Pseudomonas aeruginosa	24
Infektionsrisiko	24
Präventive Maßnahmen.....	25
Handlungsmöglichkeiten im Falle einer Kontamination	26
Alternative Wasserquellen	27
Wasseraufbereitung	29
2. Hypothesen, Ziele und Fragestellungen	37
Forschungshypothese 1 – Risikoabschätzung einer Kontamination.....	38
Forschungshypothese 2- Desinfektionswirkung	39
3. Methoden	41
Methodik zu Forschungshypothese 1- Risikoabschätzung einer Kontamination des österreichischen Trinkwassers	41
Design und Ablauf.....	41
Methodik zu Forschungshypothese 2- Desinfektionswirkung.....	49

Design und Ablauf	49
Material	51
4. Daten und Ergebnisse	53
Forschungshypothese 1- Risikoabschätzung einer Kontamination auf nationaler Ebene ...	53
Forschungsfrage 1- Qualität und Quantität eines sicheren Trinkwasserversorgungssystems	53
Forschungsfrage 2- Trinkwasserversorgungssysteme in Österreich und deren Kontamination.....	54
Forschungsfrage 3- Katastrophen welche in Österreich auf die Trinkwasserversorgung einwirken können.....	60
Forschungshypothese 2- Desinfektionswirkung.....	77
Forschungsfrage 1- Relevante Erreger und Grenzwerte.....	77
Forschungsfrage 2- Produktempfehlung der Österreichischen Apothekerkammer zur Wasserdesinfektion.....	78
Forschungsfrage 3- Desinfektionswirkung	79
Laborversuch 1- <i>Micropur Classic</i> ® (Fa. Katadyn)	82
Laborversuch 2- <i>Micropur Forte</i> ® (Fa. Katadyn)	86
Laborversuch 3- <i>Solutio Jodi Spirituosa</i>	90
Ergebnisübersicht.....	95
5. Interpretation und Diskussion der Ergebnisse.....	97
Risikoanalyse	97
Desinfektionswirkung.....	99
Einsatz von Präparaten zur Wasserdesinfektion im Katastrophenfall.....	104
Internationaler Vergleich	105
Risikomatrix	107
6. Wissenschaftliche Einordnung und Fazit	109
7. Schlussfolgerungen und Zusammenfassung.....	111
8. Einschränkungen.....	113
9. Ausblick und Perspektive	115
10. Literaturverzeichnis.....	117
Kurzfassungen/ Abstract	125
Anhänge	127
Datenblatt <i>Micropur Classic</i> ®	127
Datenblatt <i>Micropur Forte</i> ®	129

Tabellen

Tabelle 1- Verwendete Informationsquellen zur Eintrittswahrscheinlichkeit und zum Schadenspotenzial von Erdbeben	42
Tabelle 2- Verwendete Informationsquellen zur Eintrittswahrscheinlichkeit und zum Schadenspotenzial von Hochwässern und Überflutungen	44
Tabelle 3- Verwendete Informationsquellen zur Eintrittswahrscheinlichkeit und zum Schadenspotenzial von Stürmen und Orkanen	45
Tabelle 4- Klassifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeit gem. SKKM Leitfaden (vgl. Staatliches Krisen- und Katastrophenschutzmanagement, 2018).....	46
Tabelle 5- Klassifizierung des Schadenspotenzial gem. SKKM Leitfaden (vgl. Staatliches Krisen- und Katastrophenschutzmanagement, 2018).....	46
Tabelle 6- Farbliche Abstufung der Risikomatrix hinsichtlich der Höhe des Risikos.....	47
Tabelle 7- Verwendete Präparate zur Wasserdesinfektion mit entsprechende Dosierungen und Einwirkzeiten	50
Tabelle 8- In der Laborversuchsreihe getestete Präparate.....	52
Tabelle 9- Für die Laborversuche verwendete Produkte	52
Tabelle 10- Mikrobiologische Parameter für nicht desinfiziertes Wasser gem. TWV.....	54
Tabelle 11- Skala nach Mercalli- Sieberg, Intensität 6-12 (Quelle: Sicherheits- Informationszentrum Österreich- b, 2020)	61
Tabelle 12- Erdbeben der Stärke V-VI in den vergangenen 22 Jahren (Beobachtungszeitraum 1998-2019).....	63
Tabelle 13- Auftreten von Erdbeben unterschiedlicher Stärke (VII-IX) in Österreich in den letzten 819 Jahren welche zu Unterbrechungen in der Versorgung und zu Kontamination des Trinkwassers führen können	63
Tabelle 14- Donau Jährlichkeitsstatistik (Quelle: BMK, 2020)	68
Tabelle 15- Historische Donauhochwässer, W: Wien, K: Pegel Kienstock) (Quelle: BMK, 2020)	69
Tabelle 16- Beaufort Skala unterteilt in Grad, Bezeichnung, Mittlere Windgeschwindigkeit und Beispiele (Quelle: Deutscher Wetterdienst, 2020).....	72
Tabelle 17- Mikrobiologische Parameter für desinfiziertes Wasser gem. TWV.....	77
Tabelle 18- Mikrobiologische Parameter für Wasser, das in Flaschen oder sonstigen Behältnissen in Verkehr gebracht wird, am Punkt der Abfüllung gem. TWV	77
Tabelle 19- Von der Österreichischen Apothekerkammer empfohlene Präparate zur Wasserdesinfektion auf Reisen und deren Hersteller.....	78
Tabelle 20- Aufbau der drei Laborversuche und Probenbezeichnung.....	80
Tabelle 21- Ergebnisse der Negativkontrollen bei Laborversuch 1 (<i>Micropur Classic®</i>).....	83
Tabelle 22- Ergebnisse der Positivkontrollen bei Laborversuch 1 (<i>Micropur Classic®</i>)	84
Tabelle 23- Ergebnisse des Testversuchs bei Laborversuch 1 (<i>Micropur Classic®</i>).....	84
Tabelle 24- Ergebnisse der Negativkontrollen bei Laborversuch 2 (<i>Micropur Forte®</i>).....	87
Tabelle 25- Ergebnisse der Positivkontrollen bei Laborversuch 2 (<i>Micropur Forte®</i>).....	88
Tabelle 26- Ergebnisse des Testversuchs bei Laborversuch 2 (<i>Micropur Forte®</i>)	88
Tabelle 27- Ergebnisse der Negativkontrollen bei Laborversuch 3 (<i>Solutio Jodi Spirituosa</i>) ...	91

Tabelle 28- Ergebnisse der Positivkontrollen bei Laborversuch 3 (<i>Solutio Jodi Spirituosa</i>)	92
Tabelle 29- Ergebnisse des Testversuchs bei Laborversuch 3 (<i>Solutio Jodi Spirituosa</i>) nach 30 Minuten Einwirkzeit	92
Tabelle 30- Ergebnisse des Testversuchs bei Laborversuch 3 (<i>Solutio Jodi Spirituosa</i>) nach 2 Stunden Einwirkzeit	93
Tabelle 31- Übersicht der Testversuche aus den Laborversuchen 1, 2 und 3	95
Tabelle 32- Daten zur Anwendung der drei getesteten Präparate	96
Tabelle 33- Desinfektionswirkung gemessen an der Keimbelastung (KBE/ml) im Vergleich vor und nach Behandlung mit <i>Micropur Classic</i> ®	99
Tabelle 34- Desinfektionswirkung gemessen an der Keimbelastung (KBE/ml) im Vergleich vor und nach Behandlung mit <i>Micropur Forte</i> ®	101
Tabelle 35- Desinfektionswirkung gemessen an der Keimbelastung (KBE/ml) im Vergleich vor und nach Behandlung mit <i>Solutio Jodi Spirituosa</i>	102

Abbildungen

Abbildung 1- Ursachen und Ansatzpunkte für Desinfektionsmaßnahmen bei Kontamination von Trinkwasser im Rahmen des Wasserkreislaufes (international)	19
Abbildung 2- Ursachen und Ansatzpunkte für Desinfektionsmaßnahmen bei Kontamination von Trinkwasser im Rahmen des Wasserkreislaufes (national)	20
Abbildung 3- Relevante Erreger für eine Kontamination von Trinkwasser in Österreich, welche Desinfektionsmaßnahmen zur Folge haben können.....	22
Abbildung 4- Trinkwasserquellen in Österreich, unterteilt in herkömmliche Wasserversorgung und alternative Wasserquellen sowie die Möglichkeit für private Wasserdesinfektionsmaßnahmen	27
Abbildung 5- Schritte der Wasseraufbereitung unterteilt in Reinigung/Vorbehandlung, Desinfektion und Nachbehandlung	29
Abbildung 6- Muster der zur Anwendung kommenden Risikomatrix gem. SKKM	48
Abbildung 7- Versorgung der österreichischen Bevölkerung durch zentrale Trinkwasserversorgungsanlagen (Quelle: Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach, 2018)	55
Abbildung 8- Beispiel eines Wasserversorgungssystems in Österreich (Quelle: Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach, 2018)	56
Abbildung 9- Verlauf der I. und II. Wiener Hochquellenleitung nach Wien (Quelle: Stadt Wien, 2020)	57
Abbildung 10- Erdbebengefährdungskarte Österreich, gelb: V-VI, orange: VI, rot: VI-VII, dunkelrot: VII, violett: VII-VIII (Quelle: BMLRT, 2020)	64
Abbildung 11- Epizentren Karte der stärkeren Erdbeben Österreichs (Quelle: ZAMG, 2012)	64
Abbildung 12- Risikomatrix für Erdbeben in Österreich (Erdbebenstärke nach EMS-98 in den Sternen wiedergegeben)	65
Abbildung 13- Starkregen, Sturzfluten und Gefahrengebiete in Österreich mit Ereignissen ab 1900 (Quelle: Skywarn Austria, 2020)	69
Abbildung 14- Risikomatrix für Überschwemmungen und Hochwässer in Österreich	70
Abbildung 15- Sturm, Downbursts und Gefahrengebiete in Österreich mit Ereignissen ab 1900 (Quelle: Skywarn Austria, 2020)	71
Abbildung 16- Risikomatrix für Sturm und Orkane in Österreich	76
Abbildung 17- Ablauf der Laborversuchsreihe	79
Abbildung 18- Negativkontrolle von Laborversuch 1, kein Keimwachstum sichtbar	83
Abbildung 19- Keimwachstum vor Behandlung mit <i>Micropur Classic</i> ® =Positivkontrolle (oben) und nach Behandlung (unten)	85
Abbildung 20- Negativkontrolle von Laborversuch 2, kein Keimwachstum sichtbar	87
Abbildung 21- Keimwachstum vor Behandlung mit <i>Micropur Forte</i> ® (oben), kein Keimwachstum nach Behandlung (unten)	89
Abbildung 22- Negativkontrolle von Laborversuch 3, kein Keimwachstum sichtbar	91
Abbildung 23- Keimwachstum vor Behandlung mit <i>Solutio Jodi Spirituosa</i> (oben), Keimreduktion nach 30 Minuten Einwirkzeit (Mitte) und kein Keimwachstum nach 2 Stunden Einwirkzeit (unten).	93

Abbildung 24- Art und Weise wie Naturgefahren in Österreich auf die Trinkwasserversorgung einwirken können und anschließende Bewältigungsmaßnahmen (Desinfektion)	98
Abbildung 25- Logarithmische Darstellung der Desinfektionswirkung von <i>Micropur Classic</i> ® auf kontaminiertes Wasser	100
Abbildung 26- Keine Desinfektionswirkung (0%) von <i>Micropur Classic</i> ® gemessen an der Keimzahl (KBE) vor und nach Behandlung	100
Abbildung 27- Logarithmische Darstellung der Desinfektionswirkung von <i>Micropur Forte</i> ® auf kontaminiertes Wasser	101
Abbildung 28- Desinfektionswirkung (100%) von <i>Micropur Forte</i> ® gemessen an der Keimzahl (KBE) vor und nach Behandlung.....	102
Abbildung 29- Abbildung 25- Desinfektionswirkung von <i>Solutio Jodi Spirituosa</i> auf kontaminiertes Wasser	103
Abbildung 30- Desinfektionswirkung von <i>Solutio Jodi Spirituosa</i> gemessen an der Keimzahl (KBE) vor, nach 30 Minuten Behandlung (99%) und nach 2 Stunden Behandlung (100%)...	103
Abbildung 31- Vergleich von <i>Solutio Jodi Spirituosa</i> und <i>Micropur Forte</i> ® hinsichtlich ihrer Eignung zur Wasserdesinfektion.....	104
Abbildung 32- Auswirkung der Desinfektionsmaßnahmen mit auf den Einfluss von Erdbeben (E), Hochwässern (HQ) und Stürmen (B) auf die Trinkwasserversorgung, blaue Sterne: Ausgangsszenario, grüne Sterne: Szenarien mit Bewältigungsmaßnahmen (Wasserdesinfektion mit <i>Micropur Forte</i> ® oder <i>Solutio Jodi Spirituosa</i>)	107

V. Abkürzungsverzeichnis

AGES- Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit

BASG- Bundesamt für Sicherheit im Gesundheitswesen

BMASGK- Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz

BMGF- Bundesministerium für Gesundheit und Frauen

BMK- Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie

BMLFUW- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

BMLRT- Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus

BMNT- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus

CDC- Center for Disease Control and Prevention

E. coli- Escherichia coli

EHEC- Enterohämorrhagische Escherichia coli

eHORA- Natural Hazard Overview & Risk Assessment Austria

EMS98- Europäische Makroseismische Skala

EPEC- Enteropathogene Escherichia coli

KBE- Kolonie-bildende Einheiten

KBE22/37- Kolonie-bildende Einheiten bei 22°C/ bei 37°C

MALDI-TOF- Matrix-unterstützte Laser- Desorption/Ionisation- Time of Flight

NaCl- Natriumchlorid (Kochsalz)

Nm- Nanometer

NTU- Nephelometrischer Trübungswert

ÖAB- Österreichisches Arzneibuch

ÖVGW- Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach

PAHO- Pan American Health Organization

RKI- Robert Koch Institut

SKKM- Staatliches Krisen- und Katastrophenschutzmanagement

TSA- Trypticase-Soja-Agar

TWV- Trinkwasserverordnung

µm- Mikrometer

UBA- Umweltbundesamt

UV- Ultraviolett

VRE- Vancomycin- resistente Enterokokken

WHO- World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)

WRRL- Wasserrahmenrichtlinie

WRG- Wasserrechtsgesetz

ZAMG- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

VI. Vorwort

Schon während meines Studiums entwickelte ich eine gewisse Faszination und Begeisterung für den Bereich der Infektionskrankheiten. Dies war auch der Grund, dass ich mich für eine Facharztausbildung im Bereich klinische Mikrobiologie und Hygiene entschieden habe, die ich im Herbst 2017 bei der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit antreten durfte. Ein wesentlicher Teil meiner Aufgaben besteht dabei auch in der Begutachtung von Wasserproben auf mikrobielle Verunreinigung.

Als ich im Herbst 2018 auf den ÖRISK Universitätslehrgang Risikoprävention und Katastrophenmanagement aufmerksam wurde, sah ich darin eine optimale Gelegenheit meine Interessen für Infektionskrankheiten sowie mein freiwilliges Engagement beim Katastrophenhilfsdienst des Wiener Roten Kreuzes zu vertiefen und mich in diese Richtung gehend entsprechend fortzubilden.

Bereits nach wenigen Monaten war für mich klar, dass ich auch im Rahmen meiner Master-Thesis diese beiden Gebiete Katastrophenhilfe und Wasserhygiene verbinden wollte.

Es lag daher auf der Hand sich für die vorliegende Arbeit mit der Trinkwasserhygiene und Trinkwasseraufbereitung im Katastrophenfall zu beschäftigen.

Im Laufe des zweiten Studienjahres wurde mir, auch aufgrund aktueller Entwicklungen im Bereich der öffentlichen Gesundheit (SARS-CoV-2 Pandemie) immer mehr bewusst, wie wichtig hygienische Grundregeln auch im Katastrophensetting sind und wie sehr auch Infektionen den Verlauf von Katastrophen beeinflussen können.

Ich hoffe, mit dieser Arbeit einen Beitrag im Bereich der Katastrophenvorsorge leisten zu können der dabei hilft, das Risiko während einer Katastrophe durch verunreinigtes Trinkwasser zu erkranken, zu verringern und den Blick der Bevölkerung auf den sorgsamen Umgang mit der lebensnotwendigen Ressource Trinkwasser zu schärfen.

Gerade Österreich ist für die hervorragende Qualität und Güte seiner Wasserressourcen (in diesem Fall weisen nicht nur Trinkwasser, sondern auch Badeseen exzellente Qualität auf) international bekannt und geschätzt. Ein sorgsamer Umgang mit und die entsprechende Wertschätzung gegenüber diesem kostbaren Gut sollte der österreichischen Bevölkerung von Kindheitstagen an beigebracht werden und der Luxus, nahezu permanent auf einwandfreies Trinkwasser aus der Wasserleitung zugreifen zu können, die entsprechende Wertschätzung erfahren.

1. Einleitung und theoretischer Hintergrund

Trinkwasser ist das bedeutendste Lebensmittel und stellt die Grundlage menschlichen und tierischen Lebens weltweit dar. Ohne sauberen Trinkwasser ist menschliches Überleben auf Dauer nicht möglich. (vgl. Kumar & Puri, 2012)

Schätzungen gehen davon aus, dass im Jahr 2015 zwar 90% der Weltbevölkerung Zugang zu verbesserten Trinkwasserquellen hatten, dass allerdings nach wie vor 660 Millionen Menschen, zum Großteil aus ländlichen Gebieten, nur mangelhaft Trinkwasser tatsächlich zur Verfügung hatten. (vgl. Backer, 2018)

Katastrophen unterschiedlicher Genese können zum Zusammenbruch der Trinkwasserversorgung in der Gesellschaft führen. (vgl. Hartono, Novita, Danumihardja, & Dian Oriza, 2010; Kang, Wang, Feng, Li, & Cheng, 2009; Amin & Han, 2009; Gupta, et al., 2007)

Dieser Umstand, zusammen mit zahlreichen anderen Faktoren, wie etwa menschliche Massenbewegungen und Umsiedelungen, Überfüllung von Zufluchtslagern, ökonomische und ökologische Verschlechterung, Verarmung, schlechte Hygiene und mangelndes Müllmanagement, kann die Übertragungsrate von Krankheiten drastisch erhöhen, was wiederum zu einer steigenden Inzidenz von Erkrankungen wie Diarrhoe, respiratorischen Erkrankungen, Malaria und Masern führt. (vgl. Connolly M. , et al., 2004)

Die vorliegende Arbeit soll das Risiko von Naturkatastrophen, welche in Österreich auf die Trinkwasserversorgung einwirken können analysieren und im Rahmen eines Laborversuches die Effizienz und Effektivität von kommerziell erhältlichen und von der österreichischen Apothekerkammer zur Wasserdesinfektion auf Reisen empfohlenen Präparate untersuchen.

Relevanz und Kernfrage

Sauberes Trinkwasser ist eine Grundlage für die Gesundheit des Menschen.

Die Versorgung mit mangelhaftem oder schlechtem (kontaminierten) Trinkwasser stellt eine der größten Gefahren für die menschliche Gesundheit dar. Vor allem Personen, welche unter niedrigen hygienischen Bedingungen leben, stellen eine besonders vulnerable Gruppe dar. Hier führt verunreinigtes Trinkwasser besonders häufig zu Infektionen, welche in vielen Fällen tödlich enden, wie eine Studie von Connolly et al. zeigen konnte. (vgl. Connolly M. , et al., 2004)

So steigen beispielsweise die Todeszahlen in der Gruppe der Flüchtlinge im Vergleich zur Normalbevölkerung um das 60-fache, wobei drei von vier Todesfällen auf übertragbare Erkrankungen zurückzuführen sind. (vgl. Paquet & G., 1998)

Haupttodesursache sind hierbei Durchfallserkrankungen wie etwa Cholera und Dysenterie, welche sich in Lagersettings für bis zu 40% aller Tode verantwortlich zeichnen, wobei 80% davon Kinder unter zwei Jahren betreffen. (vgl. Connolly M. , et al., 2004)

Auch in einem kongolesischen Flüchtlingslager in Tansania waren 1999 80% aller kindlichen Todesfälle auf Durchfallserkrankungen, Lungenentzündungen und Malaria zurückzuführen. (vgl. Talley, Spiegel, & Girgis, 2001) Eine Versorgung mit ausreichend sauberem Trinkwasser kann also im Sinne einer Infektionsprävention die assoziierte Mortalität senken.

Humanitäre Organisationen gehen währenddessen davon aus, dass der Trinkwasserverbrauch für Verzehr und Basishygiene unter Überlebensbedingungen zumindest 7.5 bis 15 Liter pro Person pro Tag beträgt. (vgl. Steering Committee for Humanitarian Response, 2004)

Auch in Österreich können Naturkatastrophen die Versorgung mit sauberem Trinkwasser unterbrechen oder dieses sogar kontaminieren. Drei der am häufigsten auftretenden Ereignisse sind dabei Hochwasser und Sturm, wobei auch Erdbeben eine oft unterschätzte Gefahr darstellen. (vgl. Versicherungsverband Österreich, 2016)

Die Bereitstellung von entsprechend zum Verzehr geeignetem Trinkwasser kann also auch hier nachhaltig zur Senkung der Morbidität und Mortalität im Katastrophensetting beitragen. (vgl. Connolly M. , et al., 2004)

Bisher existieren in Österreich keine Empfehlungen von staatlicher Stelle zur Lagerung von entsprechenden Wasserdesinfektionskits im Privathaushalt. Die vorliegende Arbeit soll der Frage nachgehen, wie hoch in Österreich das Risiko einer Kontamination des Trinkwassers durch drei der am häufigsten in Österreich auftretenden Naturkatastrophen (Erdbeben, Hochwasser, Sturm) tatsächlich ist und ob die Lagerung und Anwendung von Wasserdesinfektionskits in diesen potenziellen Katastrophenszenarien zielführend ist, um genügend Wasser, welches den Kriterien für Trinkwasser entspricht, zur Verfügung zu haben. In diesem Falle ist von einer Senkung des oben genannten Infektionsrisikos im Vergleich zum Gebrauch von unbehandeltem Wasser auszugehen, was wiederum eine Reduktion der Morbidität und ggf. auch Mortalität zur Folge hätte. (vgl. Connolly M. , et al., 2004)

Kontamination von Trinkwasser

International

Trinkwasserverunreinigung kann auf internationaler Ebene an vielen Stellen des Wasserkreislaufes auftreten (vgl. Abb. 1). So kann zum Beispiel bereits die Quelle, wie etwa ein undichter Brunnen, durch mit Fäkalkeimen kontaminierten Oberflächenwasser verseucht werden. Aber auch während des Transports von der Quelle weg hin zum Endverbraucher, sowohl durch ein Leitungssystem, als auch durch einen Transport an der Oberfläche (beispielsweise durch Krüge), während der Lagerung (etwa durch kontaminierte Hände) bis hin zum Verbrauch (durch gemeinsam benützte Wassercontainer und Töpfe, Mangel an Seife, Kreuzkontamination durch andere Lebensmittel, endständige Verunreinigungen des Leitungssystems) lassen sich Ursachen für Infektionen finden. (vgl. Connolly M. , et al., 2004)

In einer Studie aus dem Jahr 2007 konnte gezeigt werden, dass in peruanischen Haushalten zwar aus mikrobiologischer Sicht einwandfreies Wasser gesammelt und dieses auch nochmals abgekocht wurde, es aber in einem Drittel der Fälle zu einer nachträglichen Kontamination mit Fäkalkeimen durch unreine Hände der hantierenden Person oder durch verunreinigte Sammelgefäße kam. (vgl. Oswald, et al., 2007) In diesem Fall spricht man von einer sogenannten Rekontamination des Trinkwassers.

Eine entsprechende persönliche Hygiene (Händewaschen) sowie Umgebungshygiene sind also für den Erfolg von Wasserdesinfektionsmaßnahmen und nachträgliche Lagerung unerlässlich. (vgl. Luby S. , et al., 2006)

Ansatzpunkt für private Wasserdesinfektionsmaßnahmen existieren international entlang des gesamten Wasserkreislaufes an jenen Stellen, an denen der Endverbraucher mit dem Wasser in Kontakt tritt. Hier existieren länderspezifische Unterschiede, auf die im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht weiter eingegangen werden soll.



Abbildung 1- Ursachen und Ansatzpunkte für Desinfektionsmaßnahmen bei Kontamination von Trinkwasser im Rahmen des Wasserkreislaufes (international)

National

Lt. Österreichischem Trinkwasserbericht fand sich im Jahr 2017 bei allen vorgesehenen mikrobiologischen Untersuchungen großer Wasserversorgungsanlagen in Österreich, d.h. Anlagen, aus denen im Durchschnitt mehr als 1.000m³ Wasser pro Tag entnommen wird oder mit der mehr als 5.000 Personen versorgt werden, eine Entsprechungsquote von 98%. (vgl. BMASGK, 2017)

In seltenen Fällen kommt es in Österreich zu einer Kontamination des Trinkwassers. Ursachen dafür sind beispielsweise Rohrbrüche, welche durch Naturkatastrophen wie Lawinen oder Muren verursacht werden oder aber auch Hochwässer, welche zur Einschwemmung von Kontaminanten in das Grundwasser führen. (vgl. Kriechmayr, 2010)

Aber auch Verunreinigungen an der Stelle der Wasserentnahme können zur Kontamination führen. (vgl. Branz, et al., 2017)

Eine Kontamination im Rahmen des Verbrauchs wird aufgrund der vorherrschenden Hygienestandards in Österreich im Rahmen einer akuten Katastrophe keine Relevanz beigemessen (vgl. Abb. 2).

Ansatzpunkt für private Wasserdesinfektionsmaßnahmen in Österreich existieren, aufgrund des größtenteils zentralen Versorgungssystems, primär im Bereich der Lagerung, als auch im Bereich des Verbrauchs, also ebenfalls an den Stellen, an denen der private Endverbraucher mit dem Wasser in Kontakt tritt.

Erfolgt die Wasserversorgung durch einen hauseigenen Brunnen, so ist auch bereits eine Intervention (Desinfektion) im Bereich der Wassergewinnung und im Bereich des Transportes möglich. Auf diesen Bereich soll aber in der vorliegenden Arbeit nicht weitere eingegangen werden.



Abbildung 2- Ursachen und Ansatzpunkte für Desinfektionsmaßnahmen bei Kontamination von Trinkwasser im Rahmen des Wasserkreislaufes (national)

Ursachen, Erreger und Erkrankungen

Als Infektionsauslöser und Kontaminanten kommen unterschiedlichste Mikroorganismen in Frage. Das Spektrum unterscheidet sich hierbei, aufgrund unterschiedlicher klimatischer und hygienischer Bedingungen, auf nationaler und auf internationaler Ebene.

Auf die wichtigsten Infektionserreger in verseuchtem Trinkwasser soll im nun folgenden Kapitel eingegangen werden.

Erreger als Infektionsauslöser- International

Die WHO schätzt, dass ca. 10% aller global auftretenden Erkrankungen durch einen Mangel an sauberem Trinkwasser verursacht werden. (vgl. Prüss-Üstün, Gore, & Bartram, 2008)

Conroy et al. stellten fest, dass Bakterien und Viren im Trinkwasser vermehrt bei Kindern unter fünf Jahren Diarrhoen verursachen und in dieser Altersgruppe die häufigste Todesursache in vielen Regionen der Dritten Welt darstellt. (vgl. Conroy, Elmore-Meegan, Joyce, McGuigan, & Barnes, 1996)

Während einer Flüchtlingskrise im Kongo 1994 waren 85% von 50.000 Todesfällen im ersten Monat auf eine Durchfallserkrankung zurückzuführen, wobei 60% als Cholera und 40% als *Shigellen*-Dysenterie klassifiziert wurden. (vgl. Goma Epidemiology Group, 1995)

Als Hauptursache dafür konnte später eine mangelnde Versorgung mit sauberem Wasser (200ml/Person/Tag) identifiziert werden. (vgl. Bioforce, 1996)

Jährlich fordern Diarrhoe-assoziierte Erkrankungen geschätzte 1.5 Millionen Menschenleben, davon rund 525.000 Kinder unter fünf Jahren. (vgl. WHO, 2017) Diese können daher als Risikogruppe betrachtet werden.

Cholera- Erreger (*Vibrio cholerae*) stellen eine der Hauptverursachen von Durchfallserkrankungen mit erhöhter Mortalität und Morbidität dar. Die Ausbruchsdauer kann dabei zwischen drei und 59 Wochen (drei bis zwölf Wochen in Lagersettings, durchschnittlich 16 Wochen außerhalb von Lagern) variieren. (vgl. Connolly M. , et al., 2004)

Dieser Erreger ist nicht nur in tropischen Regionen beheimatet, sondern konnte aufgrund der sich verändernden Temperaturen auch bereits in einem Badensee in Österreich nachgewiesen werden. (vgl. Huhulescu, et al., 2007)

Auch Polioerkrankungen oder virale hämorrhagische Fieber wie zum Beispiel Ebola konnten mit Mangel an reinem Trinkwasser, mangelnden Hygienestandards und unzureichender Infektionsüberwachung assoziiert werden (vgl. Connolly M. , et al., 2004), ihnen muss in Österreich allerdings keine Relevanz beigemessen werden.

Erreger als Infektionsauslöser- National

In Österreich konnten im Jahr 2017 in 0,2% aller Proben *E. coli* in erhöhter Anzahl festgestellt werden. *Enterokokken* in erhöhter Anzahl wurden in 0,3% aller Untersuchungen festgestellt. In 0,7% aller Untersuchungen war die Gesamtkoloniezahl bei 22°C (KBE 22) und in 0,9% die Gesamtkoloniezahl bei 37°C (KBE 37) erhöht. Außerdem konnten in 1,6% aller Untersuchungen coliforme Bakterien gefunden werden. (vgl. BMASGK, 2017)

Im Katastrophenfall steht die Quantität der Wasserversorgung zunächst noch über der Qualität des Wassers. Ziel ist es, so eine suffiziente persönliche und häusliche Hygiene zu ermöglichen, da ein Mangel auf dieser Seite wesentlich stärker zur Krankheitsübertragung beiträgt (da sich Erreger unter diesen Bedingungen deutlich schneller verbreiten), als es ursprünglich kontaminiertes Wasser tut. (vgl. Steering Committee for Humanitarian Response, 2004)

Erst sobald diese Grundversorgung sichergestellt ist gilt es, die Qualität schrittweise anzuheben.

Erregerprofile

Im folgenden Abschnitt sollen die in Österreich für Infektionen aus Trinkwasser relevanten Erreger kurz präsentiert werden. In der Mikrobiologie existieren zahlreiche Bakterien, Viren, Pilze und Parasiten, welche über verunreinigtes Wasser übertragen werden können. Im folgenden Kapitel soll auf jene drei Erreger im Besonderen eingegangen werden, welche auch in den angeführten Laborversuchen zur Anwendung kamen und welche auch in der Trinkwasserverordnung (TWV) als Indikatorparameter für verunreinigtes Wasser herangezogen werden. Dabei handelt es sich um die Bakterienart *Escherichia Coli*, *Enterococcus faecalis* und *Pseudomonas aeruginosa* (vgl. Abb. 3).

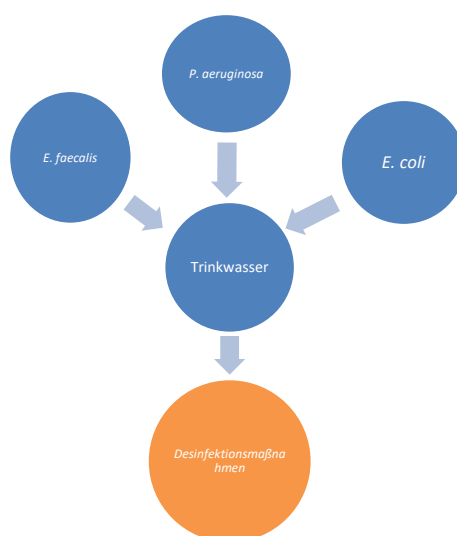


Abbildung 3- Relevante Erreger für eine Kontamination von Trinkwasser in Österreich, welche Desinfektionsmaßnahmen zur Folge haben können.

Escherichia coli

Escherichia coli (*E. coli*) gehört zur Ordnung der Enterobacterales und wird als diese der Abteilung der Proteobacteria zugeordnet. Es handelt sich dabei um ein im Färbeverhalten gramnegatives, bewegliches Stäbchen. (vgl. Burkhardt, 2009: S. 441)

Das Stäbchenbakterium lebt fakultativ anaerob und besitzt eine Länge von 1-3 µm bei einer Breite von ca. 0,5µm. *E. coli* ist der, in der klinisch-medizinischen Diagnostik bzw. im klinisch-mikrobiologischen Routinelabor, am häufigsten isolierte Erreger. (vgl. Mittermayer & Allerberger, 2006: S. 554)

E. coli- Bakterien sind wichtige Mitglieder einer gesunden Darmflora und spielen als solche auch im Abbau von gesundheitsschädlichen metabolen Stoffen sowie bei der positiv wirkenden Ansiedelung bestimmter Anaerobier im Darm eine wichtige Rolle. (vgl. Meyer, 2020: VIII- 1.10, S. 1)

Da das Bakterium zur natürlichen Darmflora des menschlichen Gastrointestinaltrakts zählt, ist sein Nachweis im Trinkwasser allerdings auch ein Indikator für fäkale Verunreinigung. (vgl. Burkhardt, 2009: S. 441)

Obligat pathogene Stämme von *E. coli* können jedoch zu intestinalen (d.h. im Darm), fakultativ pathogene Stämme von *E. coli* zu extraintestinalen Infektionen (d.h. außerhalb des Darms) führen. (vgl. Burkhardt, 2009: S. 444; Mittermayer & Allerberger, 2006: S. 556)

Vor allem die Gruppe der enteropathogenen *E. coli*- Stämme (EPEC) gehören weltweit, insbesondere aber in Entwicklungsländern zu den häufigsten Durchfallerregern, wobei hier schon eine Vergleichsweise geringe Infektionsdosis von ca. 10^3 Keimen/Dosis ausreicht. (vgl. Meyer, 2020: VIII- 1.10.2, S. 4)

Neben Antibiotika reagiert das Bakterium auch auf andere Einflüsse sensibel. So können beispielsweise Temperaturen von über 60°C das Bakterium innerhalb von Minuten, Temperaturen von über 70°C innerhalb von Sekunden, abtöten. (vgl. Mittermayer & Allerberger, 2006: S. 566)

Enterococcus faecalis

Enterococcus faecalis gehört zur Familie der Enterococcaceae und als solche zur Ordnung der Milchsäurebakterien. Es handelt sich dabei um im Färbeverhalten grampositive, in kurzen Ketten gelagerte Kokken, welche für 80-90% aller Infektionsfälle mit *Enterokokken* verantwortlich sind. (vgl. Burkhardt, 2009: S. 325)

Als relativ umweltresistente Keime überleben *Enterokokken* sowohl hohe Salzkonzentrationen (bis zu 6,5% NaCl) als auch Temperaturen von 60°C bis zu 30 Minuten lang. (vgl. Mittermayer & Allerberger, 2006: S. 460)

Auch zeichnen sich *Enterokokken* durch ihre häufig vorliegenden multiplen Antibiotikaresistenzen aus, wobei hier die sogenannten Vancomycin-resistenten

Enterokokken (VRE) eine besondere Herausforderung darstellen. (vgl. Meyer, 2020: VIII- 1.49, S. 11)

Pseudomonas aeruginosa

Pseudomonas aeruginosa gehört zu der Ordnung der *Pseudomonadales* und als dieser zur Gattung der *Gammaproteobacteria* und wird herkömmlich auch dem Begriff der Nonfermenter subsumiert. Es handelt sich um ein nicht sporenbildendes, im Färbeverhalten gramnegatives, obligat aerobes Stäbchenbakterium, welches aufgrund seiner Begeißelung beweglich ist. (vgl. Burkhardt, 2009: S. 478)

In der Natur sind Pseudomonaden weit verbreitet und finden sich in Erdböden, Oberflächengewässern abgestorbenen organischen Materialien und auf Pflanzen. (vgl. Mittermayer & Allerberger, 2006: S. 606)

Pseudomonas aeruginosa hat geringe Nährstoffansprüche und wird aufgrund seiner Vorliebe für ein feuchtes Milieu den Feucht- oder Nasskeimen zugeordnet. (vgl. Burkhardt, 2009: S. 478)

Bei Trockenheit stirbt der Keim ab. Er findet sich daher auch häufig im Wasser von Swimming- oder Whirlpools, wo er gerne in einem sogenannten Biofilm bildet, der das Bakterium vor Umwelteinflüssen schützt und ihm dabei hilft sogar Desinfektionsmittel zu überleben. (vgl. Mittermayer & Allerberger, 2006: S. 608)

Auch ist der Keim für sein oft ausgeprägtes Resistenzmuster bekannt, was ihn im Krankenhaus zunehmend zu einem Problemkeim macht. (vgl. Burkhardt, 2009: S. 478)

Infektionsrisiko

Das Infektionsrisiko durch kontaminiertes Trinkwasser ist von mehreren Faktoren abhängig. An erster Stelle steht hier natürlich die Erregerspezies und dessen vorliegende Keimmenge. So beträgt die Infektionsdosis für EHEC O157 beispielsweise <100 Erreger (vgl. RKI, 2011), für VRE beträgt diese wiederum <10³ KBE (vgl. RKI, 2018) und für *Pseudomonas aeruginosa* sogar 10⁸-10⁹ KBE (vgl. Rusin, Rose, Haas, & Gerba, 1997).

Darauf wesentlichen Einfluss nimmt in Folge das Wasservolumen und die daraus abgeleitete schlussendlich tatsächliche Erreger- Konzentration. Aber auch Virulenz des Erregers, Toxinproduktion und Immunkompetenz des Betroffenen sind ein wesentlicher Faktor. (vgl. Rybicki, Kisdi, & Antilla, 2018)

So können beispielsweise schon kleine Mengen von Erregern mit niedriger Infektionsdosis, also einer niedrigen Menge die bereits zur Infektion führt, bei unachtsamer Wasserkonsumation zu Erkrankungen führen. Zu diesen Erregern zählen unter anderem Keime der Gattung *Giardia*, *Cryptosporidia*, *Shigella* spp., Hepatitis A- Viren oder auch enterohämorrhagische *E. coli* (EHEC). (vgl. Yoder, et al., 2008)

Auch örtliche Gegebenheiten nehmen Einfluss auf das Infektionsrisiko. Im Rahmen eines Choleraausbruchs im Jahr 2019 in Mosambik, verursacht durch die Zyklone Kenneth und Ida, konnte beispielsweise gezeigt werden, dass vor allem Wohngegenden mit hoher Bevölkerungsdichte, wie beispielsweise Hauptstädte, das Risiko einer Choleraübertragung erhöhen. (vgl. Cambaza, et al., 2019)

Gerade in diesen Situationen wird dem Bereich „Vorsorge“ des Katastrophenmanagementzyklus eine wesentliche Bedeutung zu Teil, da hier mit präventiven Maßnahmen, wie beispielsweise der richtigen Lagerung von Wasserdesinfektionskits, einem Infektionsausbruch vorgebeugt werden kann.

Präventive Maßnahmen

Eine durchdachte Lageplanung am Beginn einer Katastrophe kann die Häufung des Auftretens von Durchfallserkrankungen bereits reduzieren. Unter Lagerbedingungen muss zwischen den Unterkünften genügend Platz vorhanden sein, ausreichender Zugang zu sauberem Wasser und sanitären Anlagen muss gegeben sein und die Entsorgung von medizinischen aber auch sonstigen Abfällen muss klar geregelt sein. (vgl. Connolly M. , et al., 2004)

Im städtischen Setting ist eine entsprechende Adaptierung hingegen meist nur sehr schwer und aufwendig möglich.

Genügend und entsprechend geeignete Wassercontainer, Kochtöpfe und dafür verwendbare Brennstoffe zum Abkochen von potenziell kontaminierten Wasser, sowie eine entsprechende adäquate Lagerung im Nachhinein können das Infektionsrisiko hier bereits in der frühen Phase der Katastrophenbewältigung reduzieren. (vgl. Agensi, Tibyangye, Tamale, Agwu, & Amongi, 2019; Sobsey, Handzel, & Venczel, 2003)

Für private Haushalte empfiehlt es sich zur Prävention, in Abhängigkeit von Verfügbarkeit, auch Tabletten zur Chlorung, Handseife und Feuerholz oder sonstige, zum Abkochen brauchbare Brennstoffe, zu lagern. Bereits das Vorhandensein von 200g Seife pro Person pro Monat, ganz ohne entsprechende Schulung hinsichtlich Händehygiene, kann das Durchfallsrisiko bereits um 27% senken. Empfehlungen tendieren daher zu einem Mindestvorrat von 250g Seife pro Person pro Monat. (vgl. Steering Committee for Humanitarian Response, 2004)

Aber auch bereits einfache Maßnahmen, wie zum Beispiel das Abdecken von Wasserbehältern, welche zur Lagerung benutzt werden können das Infektionsrisiko senken, finden aber auch öfters größere Akzeptanz in der Bevölkerung und erwiesen sich im Gegensatz zu aufwendigen technischen Anlagen und Verfahren als kostengünstige Alternative, wie sich beispielsweise in einem malawischen Flüchtlingscamp zeigen konnte. (vgl. Roberts, et al., 2001)

Im Idealfall wird zuvor gechlortes Wasser in fest verschlossenen Containern gelagert. Dadurch lässt sich das Risiko einer nachträglichen Kontamination auf ein Minimum reduzieren. (vgl. Backer, 2018)

Entsprechende Schulungen und Fortbildungen im Gesundheits- und Hygienebereich können für Infektionen im Katastrophenfall bereits präventiv wirken. Eine Unterweisung in Händehygiene kann so zum Beispiel dabei helfen Durchfallserkrankungen, aber auch andere Seuchen wie Skabies oder das durch Läuse übertragene Fleckfieber, zu verhindern. (vgl. Connolly M. , et al., 2004)

Sollten präventive Maßnahmen keinen Effekt zeigen, so besteht allerdings immer noch die Möglichkeit, das Infektionsrisiko durch dekontaminierende Maßnahmen auf niedrigem Niveau zu halten. Auf diese soll im folgenden Kapitel eingegangen werden.

Handlungsmöglichkeiten im Falle einer Kontamination

Zunächst empfiehlt es sich den Ursprung und das Ausmaß der eigentlichen Kontamination festzustellen. In vielen Fällen sind Erreger leitungsendständig im Bereich des Auslasses in sogenannten Biofilmen angesiedelt. In diesen Fällen reichen oft bereits gründliche Reinigungs- und Spülmaßnahmen der betroffenen Armatur. Im Idealfall kann diese auch durch eine thermische Desinfektion mit mind. 70°C heißem Wasser erfolgen. (vgl. Frazier & Westhoff, 1958)

Sollten diese Maßnahmen nicht ausreichend sein oder Ursprung und Grad der Kontamination weitreichender sein, sind weitere Desinfektions- und Aufbereitungsmaßnahmen sowie gegebenenfalls Reparatur- und Instandsetzungsarbeiten erforderlich. (vgl. BMASGK, 2017)

Sollte auch dann keine Besserung eintreten, so bleibt als *ultimo ratio* zuletzt noch die Option eines Wechsels auf eine alternative Wasserquelle, sofern diese zur Verfügung steht. Gerade im Katastrophensetting ist diese Möglichkeit allerdings oftmals nicht gegeben, weswegen auf Maßnahmen zur Wasseraufbereitung des kontaminierten Wassers zurückgegriffen werden muss.

Auf diese beiden Themen (alternative Wasserquellen und Wasseraufbereitung) soll im folgenden Teil der Arbeit noch genauer eingegangen werden.

Alternative Wasserquellen

In Österreich bieten sich mehrere Alternativen zur herkömmlichen Trinkwasserversorgung aus dem Leitungssystem (vgl. Abb. 4). Da sowohl im Bereich von Oberflächenwässern als auch von Hausbrunnen eine potenzielle Kontamination vorliegen kann, können auch diese beiden Wasserquellen für Desinfektionsmaßnahmen in Betracht gezogen werden. Abgefüllte Wässer müssen zum Zeitpunkt der Abfüllung der Trinkwasserverordnung entsprechen, es kann daher von einer Kontaminationsfreiheit ausgegangen werden.

Im folgenden Kapitel soll auf die genannten alternativen Wasserquellen in Österreich eingegangen werden und deren Vor- und Nachteile kurz erläutert werden.

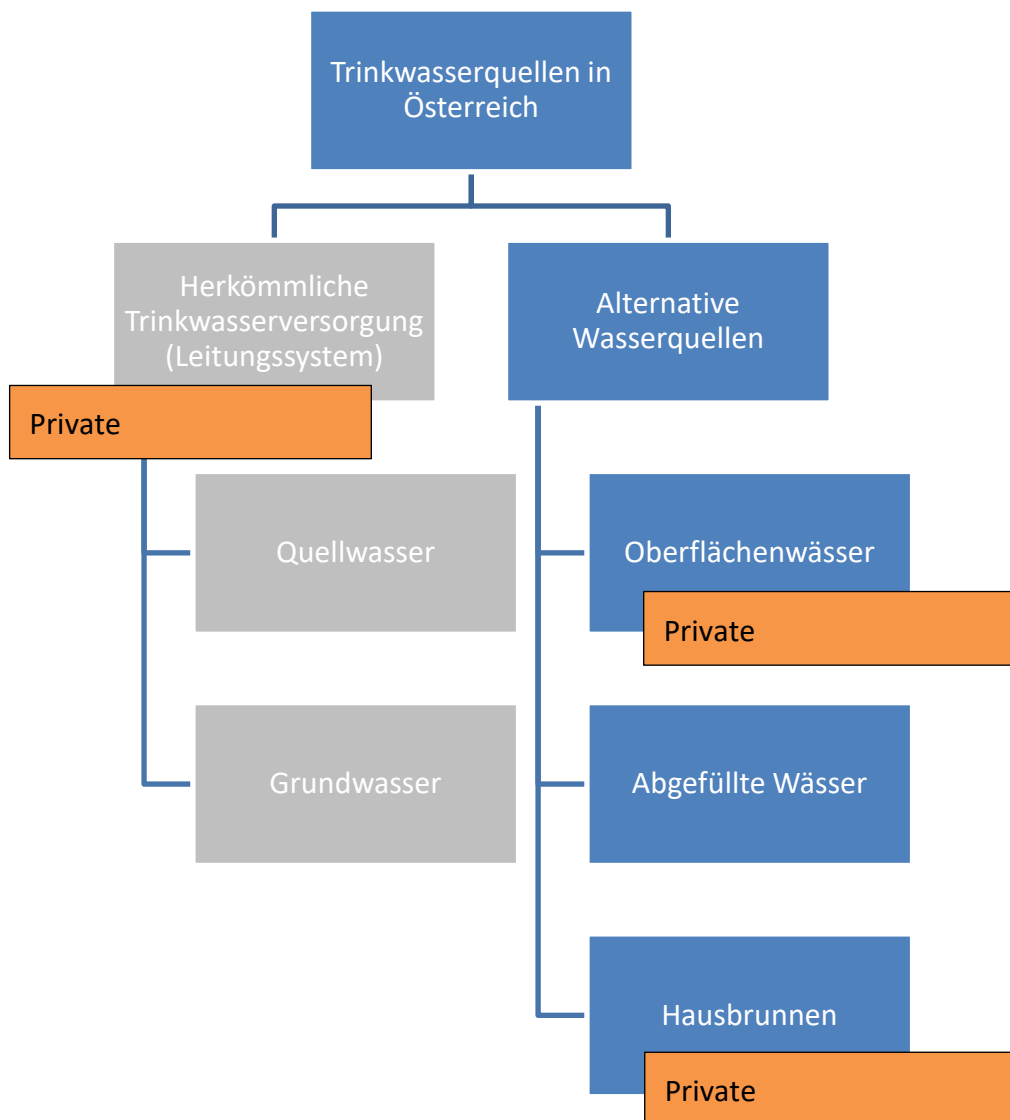


Abbildung 4- Trinkwasserquellen in Österreich, unterteilt in herkömmliche Wasserversorgung und alternative Wasserquellen sowie die Möglichkeit für private Wasserdessinfektionsmaßnahmen

Oberflächengewässer

Die Oberflächengewässer werden in die Gruppen der Fließgewässer (Flüsse, Bäche, Kanäle) und der stehenden Gewässer (Seen und Flachgewässer) eingeteilt. Übergangsgewässern und Küstengewässern kommt in Österreich keine Relevanz bei. (vgl. BMLFUW, 2017)

Hochwässer nehmen nicht nur Einfluss auf bestehendes Grundwasser, sondern haben vor allem im Bereich der Oberflächengewässer gravierende Auswirkungen auf eine potentielle Trinkwasserversorgung aus ebendiesen. Zum einen kann es zur teilweisen oder kompletten Zerstörung des Flussbettes und damit verbunden der Entnahmestelle kommen bzw. kann eine Umlagerung des Flussbettes auch zu einer Wasserknappheit im Bereich der eigentlichen Entnahmestelle führen. Zum anderen kann es durch die Kräfte der Massenbewegung zu Zerstörung im Bereich der Wasserpumpstation kommen oder diese durch Sedimente und Schwemmgut verlegt sein.

Nicht zuletzt ist und bleibt die Qualität des Wassers durch Hochwässer und des damit verbundenen Sediments, der Trübung, der Schwemmgüter und sonstiger darauf einwirkender Elemente für einen gewissen Zeitraum beeinträchtigt und bedarf zunächst qualitativ hochwertiger Aufbereitungsverfahren. (vgl. Pan American Health Organization, 2002)

Abgefülltes Wasser

Für abgefüllte Wässer gelten in Österreich strenge Richtlinien und Grenzwerte hinsichtlich der mikrobiologischen Beschaffenheit, welche im Codexkapitel B17- Abgefüllte Wässer des österreichischen Lebensmittelbuches geregelt und festgelegt. Bei käuflich im Handel erworbenen Produkten kann also davon ausgegangen werden, dass diese in Österreich einem Mindeststandard entsprechen und frei von Kontamination sind.

Ein wesentlicher Nachteil besteht in den notwendigen großen Lagerungskapazitäten, die auch eine Versorgung mit sauberem Wasser über einen längeren Zeitraum garantieren könnten, sowie in etwaigen entstehenden Kosten durch Anschaffung, Transport und Lagerung.

Hausbrunnen

Hausbrunnen benötigen gemäß österreichischem Wasserrechtsgesetz keine eigene Bewilligung, sofern die Entnahme nur für den eigenen Haus- und Wirtschaftsbedarf erfolgt. Allerdings unterliegen sie aufgrund dieser Tatsache auch keinen regelmäßigen Kontrollen und enthalten dadurch oft nur Wasser von mangelhafter Qualität. Schätzungen gehen beispielsweise davon aus, dass in Oberösterreich 16% der Bevölkerung (daher rund 228.000 Menschen) mit Wasser aus rund 90.000 Hausbrunnen versorgt werden. Mehr als 60% der Hausbrunnen weisen allerdings bautechnische Mängel auf und führen dadurch zu Problemen hinsichtlich Wasserqualität und Wasserquantität. 50% der Hausbrunnen haben dabei mit bakteriologischen Problemen zu kämpfen, wobei die Trinkwasserqualität bei Quellen- und

Schachtbrunnen noch stärker beeinträchtigt ist als bei Bohrbrunnen. (vgl. Land Oberösterreich, 2019)

Gerade in diesen Fällen ist eine weitergehende Behandlung des Wassers mit Desinfektionsverfahren indiziert, auf die im folgenden Kapitel noch genauer eingegangen werden soll.

Wasseraufbereitung

Im Idealfall kommt in der Wasseraufbereitung ein zweistufiges Verfahren zur Anwendung, bei der zunächst das potenziell kontaminierte Wasser mittels Filtration oder Koagulation und Flockung von Trüb- und Schwebestoffen gereinigt wird und anschließend mittels chemischer Verfahren (Halogenierung) desinfiziert wird. (vgl. Backer, 2018)

In einem dritten Schritt können in der Nachbehandlung noch weitere Verfahren angewandt werden, um die geschmackliche Komponente (z.B.: Chlorgeschmack) zu verbessern (vgl. Abb. 5)

Abkochen eignet sich auch als einstufiges Verfahren, hat allerdings keine Auswirkung auf die optische Erscheinung des Wassers (z.B.: Trübung).

Sowohl Kochen von Wasser, als auch Chlorung von potentiell kontaminierten Wasser zeigen sich zwar effektiv, sind allerdings auch mit entsprechenden Kosten und Aufwendungen hinsichtlich Zeit, Material und Energie verbunden und beeinträchtigen, wie bereits erwähnt, auch den Geschmack des Wassers. (vgl. Borde, Elmusharaf, McGuigan, & Keogh, 2016)

Im folgenden Abschnitt soll kurz auf die einzelnen Verfahren der Wasseraufbereitung sowie ihre Vor- und Nachteile eingegangen werden.

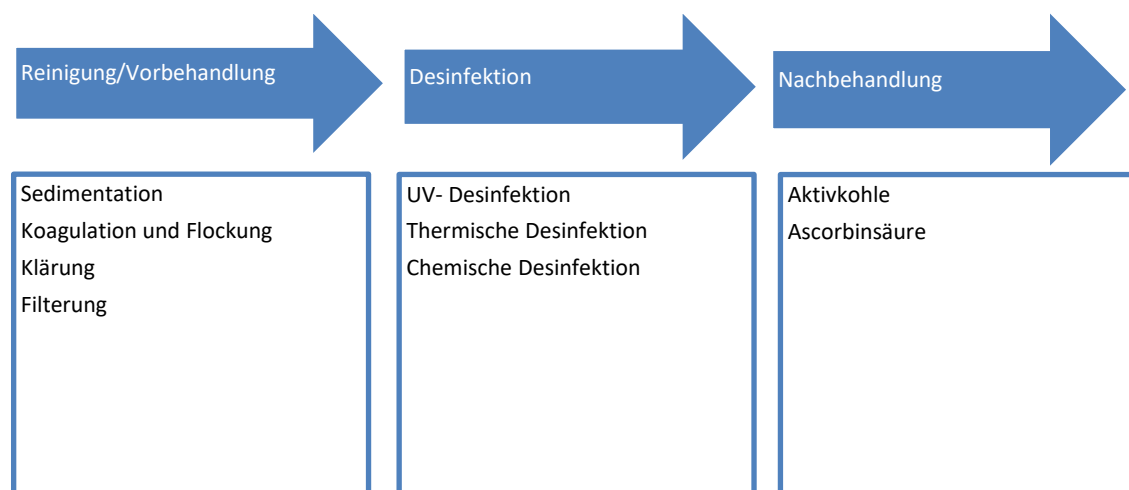


Abbildung 5- Schritte der Wasseraufbereitung unterteilt in Reinigung/Vorbehandlung, Desinfektion und Nachbehandlung

Sedimentation

Bei Sedimentationsverfahren kommt es durch die Gravitation zu einem Absinken schwererer Partikel und Teilchen (wie etwa Schlamm, Schwemmstoffe und Sand). Anschließend wird der Überstand noch zusätzlich dekantiert oder gefiltert. (vgl. Backer, 2018)

Auch Mikroorganismen wie etwa Protozoenzysten sinken mit der Zeit zu Boden allerdings sind hier wesentlich längere Stehzeiten erforderlich. Viele weitere Mikroorganismen lassen sich durch dieses Verfahren jedoch nicht vollständig aus dem Wasser entfernen. Ein zweiter Behandlungsschritt zur Desinfektion, wie beispielsweise chemische oder thermische Verfahren, sind also allenfalls erforderlich. (vgl. Backer, 2018)

Koagulation und Flockung

Feinste suspendierte und kolloidale Teilchen werden mit Hilfe chemischer Substanzen wie etwa Alaune, Kalziumoxid oder Eisensalzen zu größeren Flocken koagulierte. Diese Flockung basiert auf elektrostatischen und ionischen Kräften. Im Katastrophensetting kann hier auch Backpulver oder feine Asche zur Anwendung kommen. (vgl. Backer, 2018)

Durch dieses Verfahren können zwischen 60% und 98% der Mikroorganismen, Schwermetalle und teilweise auch Chemikalien und Mineralstoffe aus dem Wasser entfernt werden. Da auch hier eine vollständige Entfernung aller Mikroorganismen nicht gewährt ist, empfiehlt sich bei der Anwendung ein weiteres Verfahren, wie etwa Filtration oder chemische Desinfektionsverfahren (z.B.: Halogenierung mittels Chlor) anzuschließen. (vgl. Backer, 2018)

In vielen kommerziell erhältlichen Kits zur Wasserdessinfektion sind diese beiden Verfahren bereits kombiniert.

Klärung

Die Klärung ist eine Technik zur Wasseraufbereitung, welche die Trübung von Oberflächenwässern durch organische und anorganische Stoffe reduziert. Sie wird in Anschluss an die Koagulation und Flockung durchgeführt. Dabei sinken die Flocken der gebundenen Substanzen zu Boden und das bereinigte Wasser (Überstand) kann im Anschluss abgezogen werden. (vgl. Robens Institute, 1996)

Dabei kommt es sowohl zu einer optischen, als auch einer geschmacklichen Verbesserung der Wasserqualität. Nichts desto trotz kann dieses Verfahren nicht alle Mikroorganismen vollständig entfernen oder abtöten und ist daher für den alleinigen Einsatz zur Wasserdessinfektion ungeeignet. Allerdings unterstützt es bei Anwendung in der Vorbehandlung deutlich die Desinfektionswirkung von chemischen Verfahren und Filtrationsverfahren. (vgl. Backer, 2018)

Filterung

Filtration von Wasser basiert sowohl auf einem physikalischen als auch einem chemischen Effekt. Die Effektivität ist dabei abhängig vom Filter, der Durchflussrate und dem zu filtrierenden Wasser. Ein wesentlicher Faktor ist außerdem die Größe der Mikroorganismen sowie die Porengröße des Filters. Hier unterscheidet man zwischen Mikrofiltration (Porendurchmesser bis zu $0.1\mu\text{m}$), Ultrafiltration (Porendurchmesser bis zu $0.01\mu\text{m}$) und Nanofiltration (Porendurchmesser $0.005\mu\text{m}$ bis $0.0002\mu\text{m}$ oder weniger). Je kleiner der Porendurchmesser dabei ist, umso mehr Druck muss angewandt werden, um einen Filtrationseffekt zu erzielen.

Auch hinsichtlich des Filtermaterials zeigen sich einige Unterschiede. So können beispielsweise Keramikfilter, als Mikrofilter mit einer Porengröße bis zu $0.2\mu\text{m}$, Virenlasten um bis zu 99.9% reduzieren, eine vollständige Entfernung ist allerdings nicht gewährleistet. (vgl. Backer, 2018)

Die Leistungsfähigkeit von Hohlfaserfiltern liegt im Bereich der Ultrafiltration und kann so eine vollständige Entfernung von Viren gewährleisten. Ein weiterer Vorteil liegt in ihrer großen Oberfläche, wodurch große Durchflussraten bei vergleichsweise geringem Druck möglich sind. (vgl. Backer, 2018)

Einen noch größeren Filtrationseffekt erzielen Nanofilter. Sie können auch Schadstoffe wie etwa Pestizide und organische Makromoleküle herausfiltern, während hingegen Mineralstoffe den Filter noch passieren können. Sie sind also hervorragend zur Trinkwasseraufbereitung geeignet.

Die höchste Filtrationsstufe bildet die sogenannte Umkehrosmose. Ein technisches Filtrationssystem, das es ermöglicht, Partikel mit einer Größe bis zu $0,1\text{nm}$ zu entfernen. Dadurch werden neben den bereits erwähnten Stoffen auch Ionen, Moleküle und Mineralstoffe herausgefiltert. Dieses Verfahren eignet sich also vor allem zur Trinkwasseraufbereitung aus Meereswasser (Salzkonzentration), ist allerdings dementsprechend teuer und langsam.

Hinsichtlich der Anforderungen an Filter zur Wasseraufbereitung wurden entsprechende Leistungsnormen entwickelt. Diese fordern für Mikroorganismus-Zysten eine Entfernung um 3-Log-Stufen (99.9%), für Viren um 4-Log-Stufen (99.99%) und für Bakterien um 5-6-Log-Stufen (99.999%). (vgl. US Environmental Protection Agency, 1987)

Desinfektion mit ultravioletem Licht/ Sonnenlicht

Bereits 1877 führten Downes und Blunt Versuche betreffend der Auswirkung von Sonnenlicht auf Bakterienwachstum durch und stellten fest, dass dieses bakterizid wirkt. (vgl. Downes & Blunt, 1877)

Als wesentlicher Faktor konnte später die Wirkung von langwelligem ultravioletem Licht identifiziert werden. (vgl. Acra, Karahagopian, Raffoul, & Dajani, 1980)

Als geeignete Dosis konnte hier später ein Wert von 500W/m^2 für zumindest drei Stunden ermittelt werden. (vgl. Oates, Shanahan, & Polz, 2003)

Ein weiterer Faktor ist, dass Wasser, wenn es der prallen Sonne in Plastikflaschen ausgesetzt ist, Temperaturen bis zu 55°C erreichen kann und damit eine vollständige Desinfektion binnen sieben Stunden auftritt. (vgl. Conroy, Elmore-Meegan, Joyce, McGuigan, & Barnes, 1996)

Der thermale und der UV- bedingte Desinfektionseffekt wirken in diesem Fall sogar synergistisch. 1989 wurde schließlich Sonnenstrahlung zur Desinfektion von Trinkwasser in Katastrophengebieten empfohlen, da sich diese verhältnismäßig häufiger in tropischen und subtropischen Regionen befinden und dadurch längere und stärkere Sonnenstrahlung ermöglichen. (vgl. Morley, 1988)

Lt. Studien kann die Wirkung auf *E. coli* noch zusätzlich durch den Zusatz von Limettensaft verstärkt werden. (vgl. Harding & Schwab, 2012)

Diese Methode der Trinkwasseraufbereitung eignet sich vor allem für Regionen, in denen im Katastrophenfall keine weiteren Ressourcen zur Verfügung stehen, sei es aufgrund von Abgeschiedenheit oder nicht-Erreichbarkeit und in welchen eine entsprechend hohe Sonnen- und UV- Exposition gegeben ist. Die Vorteile liegen in den niedrigen Anschaffungs- und Betriebskosten sowie der einfachen Handhabung. Anwendung fand sie beispielsweise bei einer Feldstudie von Conroy et al. in der kenianischen Massai- Provinz Kajiado, in der die Trinkwasserversorgung hauptsächlich durch Wasserlöchern und kleinen Quellen gesichert ist, welche sich allerdings nicht für Chlorung- oder Filtrationsverfahren eignen und Benzin und andere Brennstoffe oder Stromquellen nicht zur Verfügung stehen. Hier konnte ein klarer Benefit des Verfahrens auf die Gesundheit von Kindern nachgewiesen werden. (vgl. Conroy, Elmore-Meegan, Joyce, McGuigan, & Barnes, 1996)

Ein wesentlicher Nachteil ist die erforderliche UV Intensität, wie sie nur in äquatornahen Gebieten durchgehend gegeben ist. In anderen Regionen spielen hier saisonale klimatische Schwankungen bereits eine wesentliche Rolle. So konnte beispielsweise gezeigt werden, dass die Expositionsdauer sich in Haiti im Jänner aufgrund niedrigerer Temperaturen und geringerer UV- Intensität, von 5-6 Stunden auf bis zu 2 Tage verlängert, um eine 100%ige Inaktivierung von Mikroorganismen zu ermöglichen. (vgl. Oates, Shanahan, & Polz, 2003)

Auch Wassertrübung wirkt sich negativ auf die Desinfektionswirkung aus und wird durch die Einwirkung von UV Licht nicht beseitigt. (vgl. Borde, Elmusharaf, McGuigan, & Keogh, 2016)

So konnte gezeigt werden, dass Wasser mit einem nephelometrischen Trübungswert (NTU) von über 200 weniger als 1% des gesamten darauf einwirkenden UV Lichts weiter als 2 cm durch die Oberfläche eindringen und damit desinfizierend wirken lässt. (vgl. Joyce, McGuigan, Elmore-Meegan, & Conroy, 1996)

Thermische Desinfektion

Herkömmliche Keime wie etwa *E. coli*, *Salmonella* oder *Shigella* werden schon bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen von 55°C und einer Behandlungsdauer von zumindest 30 Minuten abgetötet. Dieses Prinzips bedient sich auch des Verfahrens der Pasteurisierung von Lebensmitteln. Bei Temperaturen von 65°C verkürzt sich die Behandlungsdauer sogar auf unter eine Minute. (vgl. Frazier & Westhoff, 1958)

Das Abkochen von potentiell kontaminierten Trinkwasser stellt bei weitem die am häufigsten gebrauchte Methode zur Wasseraufbereitung in privaten Haushalten dar. Eine Studie aus dem Jahr 2010, welche 67 Ländern einschloss, zeigte, dass diese Praxis bei 21% der Haushalte bevorzugt wird. (vgl. Rosa & Clasen, 2010)

Eine Studie aus Indonesien aus dem Jahr 2007, welche sich mit der Kontamination von Trinkwasser in Haushalten nach Tsunami und Erdbebensgeschehnissen beschäftigte, zeigte hingegen, dass selbst das Abkochen von Wasser, aufgrund von Anwendungsfehlern im eigentlichen Abkochprozess, als auch aufgrund von Fehlern in der darauffolgenden Lagerung, in vielen Fällen keine Kontaminationsfreiheit garantierte. (vgl. Gupta, et al., 2007)

In kaltem und teils sogar gefrorenem Wasser kann der Großteil aller enterisch-pathogenen Erreger (*Shigella* spp., *Salmonella typhi*; Hepatitis A Viren, *Cryptosporidium* spp.) für mehrere Wochen und vereinzelt auch noch darüber hinaus überleben. (vgl. Backer, 2018)

Der Großteil aller enterisch-pathogenen Keime und Viren überlebt auch bei mäßigen Temperaturen nur einige Tage. Allerdings kann beispielsweise der hochpathogene *E. coli*-Stamm 0157:H7 bis zu 12 Wochen bei 25°C überleben. (vgl. Wang & Dyle, 1998)

Thermische Desinfektion hat allerdings keine Wirkung auf die optische Erscheinung des Wassers (Trübung).

Chemische Desinfektion

Halogene bilden die 7. Hauptgruppe (Gruppe 17 nach neuer Gruppierung) des Periodensystems. Ihnen zugeordnet werden die Elemente Fluor, Chlor, Brom und Iod sowie das radioaktive Element Astat und das künstlich erzeugte Element Tenness.

In der Wasserdesinfektion, sowohl im privaten als auch im professionellen Sektor, Anwendung finden vor allem Chlor und Iod. Ihr Effekt beruht auf einer Oxidationsreaktion mit essentiellen zellulären Strukturen und Enzymen. (vgl. Backer, 2018)

Im Wirkspektrum zeigt sich eine hohe Sensibilität von nicht-sporenbildenden Bakterien. Für Viren sind aufgrund ihrer intermediäre Empfindlichkeit höhere Konzentrationen erforderlich. Auch für Protozoenzysten sind höhere Dosierungen für eine ausreichende Desinfektion notwendig. Im Bereich von *Cryptosporidien*, *Cyclosporen* und bestimmten Parasiteneiern sind Halogene wirkungslos. (vgl. Backer, 2018)

Als Hauptvertreter der halogenen Wasserdesinfektionsmittel kann Hypochlorit (Kalziumhypochlorit und Natriumhypochlorit) angesehen werden, welches weltweit in städtischen Trinkwasserversorgungssystemen Anwendung findet. Auch die CDC empfiehlt diese Methode nicht nur für große Gemeinschaften und Katastrophenfälle, sondern auch für Privathaushalte. (vgl. Department of Health & Human Services, 2000)

Die Österreichische Apothekerkammer stuft es als sicherstes Desinfektionsmittel für Trinkwasser ein. (vgl. Österreichisches Apothekerkammer, 2020)

Ein weiterer Vorteil liegt in der einfachen Dosierbarkeit auch für große Quantitäten und der großen therapeutischen Breite (empfohlene Dosis 1.875 mg/L – 3.75 mg/L Natriumhypochlorit mit 30min Kontaktzeit), da sogar nach der Aufnahme von 10-fach erhöhten Dosen noch mit keinen gravierenden Schäden zu rechnen ist. (vgl. US Army, 2005; Luby S. , et al., 1998)

Als, mitunter vernachlässigbarer Nachteil, ist eine deutlich wahrnehmbare Geruchs- und Geschmacksveränderung gechlorter Trinkwässer feststellbar. Diese kann durch den Zusatz von Halogeniden, wie beispielsweise Ascorbinsäure (Vitamin C), Natriumthiosulfat oder Wasserstoffperoxid neutralisiert werden. Da dieses Verfahren keine Desinfektionswirkung besitzen, sind sie allenfalls erst nach stattgefundener Chlorung und der nötigen Kontaktzeit anzuwenden. (vgl. Backer, 2018)

Nebenprodukte aus dem Prozess der Chlorung, sogenannte Trihalomethane, stehen im Verdacht bei chronischer Anwendung zeitlebens in hohem Alter das Risiko für Tumore im Bereich der Blase zu erhöhen, jedoch steht dieses geringe Risiko in keiner Relation zu dem vergleichsweise hohen Risiko an durch kontaminiertem Wasser hervorgerufenen Diarrhoen und deren mitunter tödlichen Folgen zu erkranken. (vgl. Department of Health & Human Services, 2000)

Iod besitzt bereits in geringen Dosen eine Desinfektionswirkung im Bereich von Bakterien, Viren und Zysten, hochdosiert auch gegen Pilze und Sporen. Die Vorteile von Iod liegen in der geringen Reaktivität mit organischen Verbindungen und der geringen Abhängigkeit vom pH-Wert des zu behandelnden Wassers, was sich wiederum positiv auf Stabilität und Persistenz von Iod im Wasser nach erfolgter Behandlung auszeichnet und dadurch die Desinfektionswirkung verlängert. (vgl. Backer, 2018)

Aufgrund eines umfangreichen Nebenwirkungsspektrum, vor allem in höheren Dosierungen, wird Iod von der WHO allerdings nur zur Kurzzeitanwendung im Notfallsetting empfohlen. (vgl. World Health Organisation, 2018)

Zielgerichtete Halogenierung und anschließende Lagerung von gesammelten Wasser in speziellen Plastikcontainern kann die Häufung von Durchfallserkrankungen in Privathaushalten mit niedrigen Hygienestandards deutlich reduzieren. In Bolivien konnte mithilfe dieser Methode das Risiko von häuslich durch kontaminiertes Trinkwasser erworbener Diarrhoe nachweislich um 43% gesenkt werden. (vgl. Sobsey, Handzel, & Venczel, 2003)

Es handelt sich also um eine geeignete Methode, um durch Wasser übertragbare Erkrankungen deutlich zu reduzieren. Ein zusätzlicher synergistischer Effekt konnte bei Halogenierung in Kombination mit der Anwendung von Silber- Ionen zur Verlängerung der Haltbarkeit beobachtet werden. (vgl. Silvestry-Rodriguez, Sicairos-Ruelas, Gerba, & Bright, 2007)

Als Nachteil der Halogenierung kann ein etwaiger Kostenfaktor sowie eingeschränkte Verfügbarkeit in Entwicklungsländern und Katastrophengebieten angeführt werden.

Zusammengefasst eignen sich viele der soeben vorgestellten Verfahren zur Wasserdesinfektion in privaten Haushalten. Manche davon können allerdings aufgrund ihrer Anforderungen (Reagenzien, Equipment, Kosten, Expertise) nur im professionellen Setting angewendet werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, Empfehlungen zu erarbeiten, ob chemische Desinfektionsverfahren mittels Silber, Chlor und Silber sowie Jod für den Katastrophenfall geeignet sind.

Wie dabei vorgegangen werden soll, wird im folgenden Kapitel ausführlich dargelegt.

Aktivkohle

Aktivkohle (auch *medizinische Kohle* oder *Carbo medicinalis*) ist ein poröser und feinkörniger Kohlenstoff. Aufgrund seiner großen inneren Oberfläche von etwa 1000m²/g besitzt Aktivkohle eine adsorbierende Wirkung. Stoffe aber auch Mikroorganismen können dadurch gebunden werden. Eine Abtötung der Erreger findet hier allerdings nicht statt.

In der Wasseraufbereitung findet Aktivkohle daher vor allem nach bereits stattgefundener chemischer Behandlung (z.B.: Halogenierung mittels Chlor) Anwendung, da es dadurch zu einer geschmacklichen Verbesserung des Wassers kommt und auch Nebenprodukte des Desinfektionsverfahren sowie Pestizide aus dem behandelten Wasser entfernt werden können.

Ascorbinsäure

Ascorbinsäure ist eine organische Säure deren Salze als Ascorbate bezeichnet werden. Herkömmlich bekannt ist Ascorbinsäure auch unter dem Namen Vitamin C.

Im Nachbehandlungsschritt der Wasseraufbereitung eignet sich eine Messerspitze Ascorbinsäure auf 250ml zuvor desinfiziertes Wasser um eine etwaige Geschmacksbeeinträchtigung durch Halogene zu neutralisieren. (vgl. Jelinek, 2012: 38)

2. Hypothesen, Ziele und Fragestellungen

Aus aktueller Sicht existieren keine offiziellen oder staatlichen Empfehlungen für eine private Lagerung von Wasserdesinfektionskits für den Katastrophenfall in Österreich. Auch NGOs wie beispielsweise das Rote Kreuz oder auch staatliche Organisationen wie das staatliche Krisen- und Katastrophenschutzmanagement (SKKM) geben nach ausführlicher Internetrecherche keine Empfehlungen dazu ab.

Die Österreichische Apothekerkammer informiert auf ihrer Homepage (www.apotheker.or.at) über Möglichkeiten der Trinkwasseraufbereitung, allerdings nicht für den Fall des Katastropheneintritts, sondern als Empfehlung für Reisende. Dabei handelt es sich allerdings lediglich um eine Empfehlung für Privatpersonen, welche auf einer Einstufung der Österreichischen Apothekerkammer beruht und nicht um eine medizinische Richtlinie oder Guideline.

Es werden dabei die Möglichkeiten des Abkochens, der Einsatz von Filtergeräten und die chemische Desinfektion vorgeschlagen und konkrete Präparate und Systeme für diesen Zweck empfohlen. (vgl. Österreichische Apothekerkammer, 2020)

Allerdings finden sich auch in der Fachliteratur entsprechende Empfehlungen für das Desinfizieren von Wasser auf Reisen mit Chlor oder Jod. (vgl. Backer, Derlet, & Hill, 2019; CDC, 2020; US Army, 2005)

Ziel der Arbeit ist es die Kernfrage zu beantworten, ob die Lagerung der auf der Seite der Österreichischen Apothekerkammer genannten chemischen Wasserdesinfektionskits für Reisen auch für den Fall von drei der häufigsten Katastrophenfälle in Österreich (Erdbeben, Hochwasser, Sturm) für Privathaushalte zu empfehlen ist.

Anhand der Beantwortung zweier Forschungshypothesen soll einerseits die Frage geklärt werden, ob die drei genannten Naturkatastrophen für die zentrale Trinkwasserversorgung (Leitungswasser) in Österreich eine Gefahr darstellen und andererseits, ob die empfohlenen Desinfektionsmaßnahmen im Falle einer Katastrophe kontaminiertes Wasser, aber auch Wasser aus alternativen Wasserquellen, ausreichend desinfizieren können, damit so genügend Wasser mit Trinkwasserqualität für den täglichen Bedarf zur Verfügung steht.

Einzelne Forschungsfragen sollen dabei die Fragestellung konkretisieren.

Forschungshypothese 1 – Risikoabschätzung einer Kontamination

Hypothese 1: Die österreichische Trinkwasserversorgung ist sicher. Eine Kontamination des Trinkwassers im Rahmen von Erdbeben, Hochwasser oder Sturm ist unwahrscheinlich.

Im Rahmen der Prüfung von Forschungshypothese 1 sollen zunächst Parameter festgelegt werden, welche ein sicheres Versorgungssystem definieren, sowie die Parameter der mikrobiologischen Wasserqualität festgelegt werden.

In einem weiteren Schritt sollen Naturkatastrophen, welche in Österreich auf die Trinkwasserversorgung einwirken können ermittelt werden und ihr Kontaminationspotenzial anhand einer Risikomatrix mit den Parametern Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkung evaluiert werden. Dabei soll sich auf drei der häufigsten Katastrophenszenarien in Österreich, Erdbeben, Hochwasser und Sturm, beschränkt werden. (vgl. Versicherungsverband Österreich, 2016)

Dazu wurden folgenden Forschungsfragen aufgestellt:

1. Welche Anforderungen hinsichtlich der Quantität und hinsichtlich der Qualität gewähren ein sicheres Trinkwasserversorgungssystem?
2. Welche Trinkwasserversorgungssysteme existieren in Österreich und wie kann es hier zu einer Kontamination kommen?
3. Wie können die drei genannten Naturgefahren in Österreich auf die Trinkwasserversorgung einwirken, wie oft treten diese Naturgefahren in Österreich auf und welche dieser drei Naturgefahren können unmittelbar oder in Folge zu einer Kontamination des Trinkwassers führen?

Ziel der Prüfung von Forschungshypothese 1 ist es, alle auf die österreichische Trinkwasserversorgung einwirken könnenden Naturkatastrophen zu identifizieren und anhand der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schadenspotenzials ein Risiko zu kalkulieren.

Forschungshypothese 2- Desinfektionswirkung

Hypothese 2: Die von der Österreichischen Apothekerkammer empfohlenen chemischen Mittel zur Wasserdesinfektion auf Reisen sind dazu geeignet, im Katastrophenfall aus kontaminierten Wasser Trinkwasser herzustellen.

Im Rahmen der Prüfung von Forschungshypothese 2 soll zunächst ein Erregerspektrum festgelegt werden, welches als Indikator für eine Trinkwasserkontamination herangezogen werden kann. Die von der Österreichischen Apothekerkammer empfohlenen Präparate zur chemischen Wasserdesinfektion auf Reisen sollen im Rahmen eines Laborversuchs überprüft und ihre Desinfektionswirkung evaluiert werden.

Folgende Forschungsfragen wurden zu Forschungshypothese 2 aufgestellt:

1. Welche Erreger sind relevant für die Kontamination von Trinkwasser und welche Grenzwerte sind anzuwenden?
2. Welche Produkte werden von der Österreichischen Apothekerkammer zur Wasserdesinfektion auf Reisen empfohlen?
3. Wie effizient ist die Desinfektionswirkung?

Ziel der Prüfung von Forschungshypothese 2 ist es, die Effektivität und Effizienz von Wasserdesinfektionskits, welche für Privatpersonen empfohlen sind, zu überprüfen und zu ermitteln, ob kontaminiertes Wasser nach einer Behandlung mit eben diesen Verfahren als Trinkwasser verwendet werden kann.

3. Methoden

Im folgenden Kapitel sollen die wissenschaftlichen Methoden dargelegt werden, mit deren Hilfe die beiden Forschungshypothesen beantwortet werden sollen. Dabei kommen einerseits eine Risikoanalyse mittels Risikomatrix und andererseits eine Versuchsreihe im mikrobiologischen Labor zur Anwendung.

Methodik zu Forschungshypothese 1- Risikoabschätzung einer Kontamination des österreichischen Trinkwassers

Design und Ablauf

Forschungsfrage 1- Qualität und Quantität eines sicheren Trinkwasserversorgungssystems

Hinsichtlich der erforderlichen Trinkwasserquantität, welche ein sicheres Versorgungssystem garantiert soll der durchschnittliche Wasserverbrauch per Capita in Österreich anhand des Österreichischen Trinkwasserberichtes erhoben werden. Zusätzliche Daten und Informationen werden über das Infoportal- Trinkwasser (<https://www.trinkwasserinfo.at>) des Bundesministeriums für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz (BMASGK), der Österreichischen Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW) und der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) eingeholt.

Eine absolute Mindestmenge an Trinkwasser per Capita welche für den täglichen Gebrauch hinsichtlich Ernährung und Basishygiene des Menschen erforderlich ist soll mittels vorliegender Berichte der Weltgesundheitsorganisation (WHO) sowie des Steering Committee for Humanitarian Response (SCHR) ermittelt werden.

In Österreich sind die Anforderungen an die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch in der Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, kurz Trinkwasserverordnung (TWV) sowie in Codexkapitel B1- Trinkwasser des österreichischen Lebensmittelbuches geregelt und festgelegt und sollen daher auch dort entnommen werden.

Forschungsfrage 2- Trinkwasserversorgungssysteme in Österreich und deren Kontamination

Informationen über die in Österreich Anwendung findenden Trinkwasser- Gewinnungsarten werden dem Österreichischen Trinkwasserbericht 2017 sowie der Informationsplattform und Trinkwasserdatenbank Infoportal Trinkwasser (www.trinkwasserinfo.at) entnommen.

Informationen zum Kontaminationspotenzial werden anhand einer Literaturrecherche über die Datenbanken Google Scholar und Pubmed mittels der Suchbegriffe „contamination“ und „drinking water“, sowie anhand des Österreichischen Trinkwasserberichts 2017 ermittelt.

Forschungsfrage 3- Evaluierung von drei Naturgefahren, welche in Österreich auf die Trinkwasserversorgung einwirken können

Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenspotenzial von Erdbeben, Hochwasser und Sturm, beschränkt auf Österreich, werden mittels Literaturrecherche ermittelt. Dabei kommen folgende Quellen und Methoden zum Einsatz:

Erdbeben

Tabelle 1- Verwendete Informationsquellen zur Eintrittswahrscheinlichkeit und zum Schadenspotenzial von Erdbeben

Quellen Eintrittswahrscheinlichkeit	Quellen Schadenspotenzial
Österreichischen Chronik der Schadenbeben	Mercalli- Sieberg-Skala
eHORA	Tromans, I. (2004)

Hinsichtlich des Schadenspotenzial erfolgt eine Kategorisierung der Erdbebenstärke entsprechend der Mercalli-Sieberg Skala. Eine Studie aus dem Jahr 2004 kam zu dem Schluss, dass bereits bei Erdbeben geringerer Stufen auf der Mercalli- Skala (bis zu Stufe VI, leichte Gebäudeschäden) das Schwappen des Wassers in Tanks zu Unterbrechungen in der Wasserversorgung führen kann und dem Tank strukturelle Schäden zufügen kann. Ab Mercalli- Stufe VII (Gebäudeschäden) und darüber hinaus können, aufgrund unterschiedlicher Mechanismen welche im Rahmen des Erdbebens zu tragen kommen (Hangrutsche, Verflüssigung und Verfestigung der Erdschicht), zu erheblichen Schäden im Bereich des Wasserversorgungssystems führen. (vgl. Tromans, 2004: S. 45)

Daraus wird geschlossen, dass es bereits ab Mercalli Stufe VII zu einem potentiellen Kontaminationsgeschehen des Trinkwassers kommen kann und dieses mit steigender Erdbeben-Intensität weiter zunimmt.

Für Erdbeben der Stärke VI wird in der vorliegenden Arbeit also von einer leichten bis starken Einschränkung der Wasserversorgung ausgegangen, für Erdbeben der Stufe VII und höher wird von einer kompletten Unterbrechung der Wasserversorgung bis hin zur Kontamination des Trinkwassers gerechnet.

Für die Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit kommt das Geoinformationssystem zu Umweltgefahren eHORA (Natural Hazard Overview&Risk Assessment Austria) zur Anwendung. Weitere Daten zu Ereignissen werden anhand der Ereignischronik für Naturgefahren des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus ergänzt. (vgl. BMLRT, 2019)

Anhand der erhobenen Daten soll eine durchschnittliche Eintrittswahrscheinlichkeit, unterteilt in die einzelnen Stufen der Mercalli-Sieberg Skala erfolgen.

Zur Eintragung in der Risikomatrix solle eine durchschnittliche Eintrittswahrscheinlichkeit für Erdbeben der Stufe VII sowie eine gemeinsame Eintrittswahrscheinlichkeit für Erdbeben der Stufe VIII bis X ermittelt werden.

Die erhobenen Daten werden in tabellarischer Übersicht aufgearbeitet und anschließend in einer Risikomatrix entsprechend Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß dargestellt.

Die Achsenfestlegung erfolgt gem. dem Leitfaden für Risikomanagement im Katastrophenmanagement des Staatlichen Krisen- und Katastrophenschutzmanagement. (vgl. SKKM, 2018)

Erläuterungen dazu finden sich im Unterkapitel „Risikomatrix“.

Hochwasser

Folgende Quellen und Methoden werden hinsichtlich der Evaluierung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenspotenzial von Hochwasser verwendet:

Tabelle 2- Verwendete Informationsquellen zur Eintrittswahrscheinlichkeit und zum Schadenspotenzial von Hochwässern und Überflutungen

Quellen Eintrittswahrscheinlichkeit	Quellen Schadenspotenzial
Skywarn Austria, (2020)	Amt der Oö. Landesregierung, (2018)
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, (2011)	Amt der Oö. Landesregierung, (2020)
Berichte über Hochwässer in den österreichischen Medien	Amt der Oberösterreichischen Landesregierung- c, (2020)

Das Schadenspotenzial und Folgewirkungen für von Überflutungen und Hochwässern betroffenen Regionen orientiert sich an zwei Empfehlungen des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung zu Starkniederschlägen und Hochwasser.

Um Aussagen hinsichtlich der Eintrittswahrscheinlichkeit von Hochwässern in Österreich zu treffen werden historische Aufzeichnungen der vergangenen 30 Jahre analysiert und auf ihr Schadenspotenzial hin überprüft. Auch Berichte in österreichischen Tageszeitungen und der österreichischen Medienlandschaft, erhoben anhand der Suchbegriffe „Hochwasser“ und „Österreich“ sollen zu Recherchezwecken herangezogen werden. Zur Darstellung in der Risikomatrix werden hinsichtlich der Eintrittswahrscheinlichkeit die in der Praxis angewendeten Begrifflichkeiten HQ30, HQ 100 und HQ 300 verwendet.

Die erhobenen Daten werden in tabellarischer Übersicht aufgearbeitet und anschließend in einer Risikomatrix entsprechend Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß dargestellt.

Die Achsenfestlegung erfolgt gem. dem Leitfaden für Risikomanagement im Katastrophenmanagement des Staatlichen Krisen- und Katastrophenschutzmanagement. (vgl. SKKM, 2018)

Die Abstufung der Achsen erfolgt dabei in gleicher Weise, wie sie bereits beim Kapitel „Erdbeben“ Anwendung gefunden hat.

Sturm und Orkane

Folgende Quellen und Methoden werden hinsichtlich der Evaluierung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenspotenzial von Stürmen und Orkanen verwendet:

Tabelle 3- Verwendete Informationsquellen zur Eintrittswahrscheinlichkeit und zum Schadenspotenzial von Stürmen und Orkanen

Quellen Eintrittswahrscheinlichkeit	Quellen Schadenspotenzial
Skywarn Austria	Beaufort Skala
eHORA	Pan American Health Organization, 2002
Berichte über Stürme in den österreichischen Medien	/

Schadenspotenzial und Folgen von Stürmen und Orkanen werden anhand der international Anwendung findenden Beaufort Skala erhoben. In der vorliegenden Arbeit wird angenommen, dass Stürme und Orkane ab Stufe 9 als relevant angesehen werden können, um Einfluss auf die Trinkwasserversorgungssysteme zu nehmen.

Hinsichtlich der Häufigkeit sollen alle in eHORA gelisteten Ereignisse sowie in Österreichischen Medien mittels Literaturrecherche zu den Begriffen „Sturm“ und „Österreich“ zur Analyse herangezogen werden, um daraus eine durchschnittliche Eintrittswahrscheinlichkeit für Stürme und Orkane der Stufe 9 oder höher zu ermitteln.

Die erhobenen Daten werden in tabellarischer Übersicht aufgearbeitet und anschließend in einer Risikomatrix entsprechend Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß eingetragen.

Die Achsenfestlegung erfolgt gem. dem Leitfaden für Risikomanagement im Katastrophenmanagement des Staatlichen Krisen- und Katastrophenschutzmanagement. (vgl. SKKM, 2018)

Die Abstufung der Achsen erfolgt dabei in gleicher Weise, wie sie bereits beim Kapitel „Erdbeben“ und „Hochwasser“ Anwendung gefunden hat.

Risikomatrix

Die Erstellung der Risikomatrix erfolgt gemäß dem Leitfaden für das Risikomanagement des staatlichen Krisen- und Katastrophenschutzmanagements. (vgl. SKKM, 2018)

Ziel der Risikomatrix ist es ein anhand von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenspotenzial ermitteltes Risiko an der entsprechenden Position der Risikomatrix wiederzugeben um eine Risikolandschaft für die erarbeiteten Szenarien abzubilden. Dazu wird eine Risikomatrix in der Variante 5x5 gewählt.

Im Bereich der Achse für die Eintrittswahrscheinlichkeit (X-Achse) erfolgt folgende Stufung:

Tabelle 4- Klassifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeit gem. SKKM Leitfaden (vgl. Staatliches Krisen- und Katastrophenschutzmanagement, 2018)

Eintrittswahrscheinlichkeit	
Klassifizierung	Ereignisse in Österreich/Jahr
Sehr niedrig	<0,0003
Niedrig	0,003
Mittel	0,001
Hoch	0,01
Sehr Hoch	≥1

Im Bereich der Achse, welche das Schadenspotenzial des Ereignisses auf die Wasserversorgung skaliert (Y-Achse) erfolgt folgende Stufung:

Tabelle 5- Klassifizierung des Schadenspotenzial gem. SKKM Leitfaden (vgl. Staatliches Krisen- und Katastrophenschutzmanagement, 2018)

Schadenspotenzial	
Klassifizierung	Auswirkung
Unbedeutend	Keine Einschränkung
Gering	Einschränkung der Versorgung ≤ 1 Tag
Hoch	Einschränkung der Versorgung > 1 Tag
Katastrophal	Unterbrechung der Versorgung
Kritisch	Kontamination des Trinkwassers

Die Einfärbung der Matrix erlaubt eine Abstufung der Risikohöhe, um anhand dessen eine Priorisierung der Bewältigungsmaßnahmen vorzunehmen (vgl. Tbl. 6).

Tabelle 6- Farbliche Abstufung der Risikomatrix hinsichtlich der Höhe des Risikos

Farbe	Risiko
rot	Sehr hohes Risiko
orange	Hohes Risiko
gelb	Mittleres Risiko
grün	Niedriges Risiko

Der rote Bereich soll in der vorliegenden Arbeit als Intoleranzbereich definiert werden. Für Szenarien, welche in diesen Bereich fallen, gilt es mit höchster Priorität entsprechende Bewältigungsmaßnahmen zu evaluieren.

Szenarien im orangen und gelben Bereich stellen ein hohes bzw. mittleres Risiko dar, dessen Bewältigungsmaßnahmen können hier optional, nach Vorhandensein der dafür notwendigen Ressourcen und nachgestuft nach Bewältigung der der mit höchster Priorität eingestuften Risiken (roter Bereich) evaluiert werden.

Der dunkelgrüne und hellgrüne Bereich stellt ein akzeptables Risiko dar. Hier müssen keine akuten Bewältigungsmaßnahmen gesetzt werden.

		Eintrittswahrscheinlichkeit				
		sehr niedrig	niedrig	mittel	hoch	sehr hoch
Schadenspotenzial	kritisch					
	katastrophal					
	hoch					
	gering					
	unbedeutend					

Abbildung 6- Muster der zur Anwendung kommenden Risikomatrix gem. SKKM

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen lediglich jene Szenarien, welche in den roten Risikobereich der Matrix fallen hinsichtlich zu setzender Bewältigungsmaßnahmen (Wasserdesinfektion) evaluiert werden.

In einem weiteren Schritt soll die Wirkung von chemischen Wasserdesinfektionskits im privaten Haushalt auf das Risiko des entsprechenden Szenarios abgebildet werden, um so den Effekt der Lagerung entsprechender Produkte hinsichtlich der Verminderung der Auswirkung der Gefahr wiederzugeben. Ziel ist eine Minderung des Risikos in der Akutsituation auf den zumindest orangen Bereich.

Weitere Maßnahmen zur Risikominderung in den gelben oder grünen Bereich werden in der Vorliegenden Arbeit nicht als Teil der Risikobewältigung angesehen, sondern den Bereichen Nachsorge und Vorsorge zugeordnet und sollen demnach auch nicht weiter behandelt werden.

Methodik zu Forschungshypothese 2- Desinfektionswirkung

Design und Ablauf

Forschungsfrage 1- Erreger und Grenzwerte

Relevante Erreger und entsprechende Grenzwerte sollen anhand der Österreichischen Trinkwasserverordnung definiert und ausgewählt werden.

Forschungsfrage 2- Produktempfehlungen der Österreichischen Apothekerkammer

Die zu testenden Präparate sollen anhand einer Empfehlung der Österreichischen Apothekerkammer, welche diese auf ihrer Homepage unter <https://www.apotheker.or.at/Internet/OEAK/newspresse.nsf/webPages/498A230729D4F43DC1256AC0002BBE27?OpenDocument> zum Zweck der Trinkwasseraufbereitung für Reisende veröffentlicht hat, ausgewählt werden.

Forschungsfrage 3- Desinfektionswirkung

Um die Effektivität der jeweiligen Desinfektionsverfahren nachzuweisen wird vom fiktiven Szenario einer Kontamination des zentralen Trinkwasserversorgungssystems (Leitungswasser) ausgegangen. Folgende Labor- Versuchsreihe wird dazu erstellt:

Drei von der Österreichischen Apothekerkammer zur chemischen Wasserdesinfektion auf Reisen empfohlene Präparate (*Micropur*®, *Micropur forte*® und *Solutio Jodi spiritiosa*) sollen auf ihre Wirkung hin getestet werden.

Im Falle von *Micropur forte* beruft sich der Hersteller (Fa. Katadyn) auf vier Studien, welche die Wirksamkeit von Chlor belegen. Die erste dieser Studien, durchgeführt von Mark D. Sobsey, Taksahi Fuji und Patricia A. Shields im Jahr 1988 untersucht jedoch lediglich die Wirkung auf Viren (im konkreten Hepatitis A Virus und Cocksackievirus B5) sowie auf die Enterobakteriophage MS2 und ϕ X174. (vgl. Sobsey, Fuji, & Shields, 1988)

Eine weitere genannte Studie von Rice et al. aus dem Jahr 1982 befasst sich lediglich mit der Wirkung von Chlor auf *Giardia lamblia* und *Giardia muris* Zysten. (vgl. Rice, Hoff, & Schaefer, 1982)

Die zwei weiteren im Datenblatt von *Micropur forte* angeführten Tests, *Test for the evaluation of Bactericidal Activity according to EN 1040*, Institut Fresenius, Documentnr: 50998 von C. Wunderlich und *Expert on virucidal activity of Micropur Chlorine against poliovirus type 1*, Mikrolab GmbH (2003) von J. Steinmann, waren für die vorliegende Arbeit weder auffindbar noch abrufbar. Es existiert daher für die im Rahmen dieser Arbeit durchzuführenden Laborversuche keine Studie welche hinsichtlich Testreihen und Methodik als Vorlage dienen könnte, weswegen sich auf das folgende Studiendesign festgelegt wurde:

Zunächst wird ein Liter Leitungswasser aus einem Wasserhahn, welcher an das Wiener Wasserversorgungssystem angeschlossen ist, entnommen. Um eine vorherige Kontamination auszuschließen wird bereits eine Probe dieses Wassers mittels Wattetupfer auf Agarplatten (Columbia-, Drigalski-, Tryptase-Soja- und Sabouraud- Agar) ausgestrichen (=Negativkontrolle).

Im Anschluss wird dem Wasser 10ml Volumen entnommen, welches zum Herstellen einer Keimsuspension dient. Diesem werden jeweils 100 Kolonie-bildende Einheiten (KBE) der folgenden Erreger beigemischt:

- *Escherichia coli*
- *Pseudomonas aeruginosa*
- *Enterococcus faecalis*

Es erfolgt einmaliges vortexen der Suspension zwecks Homogenisierung. Anschließend wird die Keimsuspension in die Wasserprobe retransferiert und damit eine Kontamination simuliert.

Das nun kontaminierte Wasser wird zunächst unbehandelt auf Columbia- und Drigalski-Agarplatten ausgestrichen, um ein Wachstum der Keime und damit die Vermehrungsfähigkeit nachzuweisen (Positivkontrolle).

Dieser Vorgang erfolgt für jedes zu testende Präparat separat. Pro Präparat werden 5 Testreihen durchgeführt.

In weiterer Folge werden die jeweiligen Wasserdesinfektionsmittelkits nach Packungsbeilage bzw. Empfehlung der Österreichischen Apothekerkammer bei den einzelnen Proben angewendet. Eine konkrete Auflistung der Präparate, ihrer Dosierung und der jeweiligen Einwirkzeit findet sich in Tabelle 4.

Tabelle 7- Verwendete Präparate zur Wasserdesinfektion mit entsprechende Dosierungen und Einwirkzeiten

Präparat	Dosierung	Einwirkzeit
<i>Micropur Classic</i> ®	1 Tablette/ Liter Wasser	2 Stunden
<i>Micropur Forte</i> ®	1 Tablette/ Liter Wasser	30 Minuten
<i>Solutio Jodi Spirituosa</i>	12 Tropfen/ Liter Wasser	30 Minuten

Im Anschluss, nach Ablauf der Einwirkzeit, erfolgt ein neuerliches Ausstreichen der nun behandelten Proben.

Alle ausgestrichenen Platten werden für 24 Stunden bei 36°C aerob bebrütet und anschließend ausgelesen.

Proben, welche kein Wachstum zeigen können als „erfolgreich desinfiziert“ für den jeweiligen Erreger eingestuft werden.

Proben mit Wachstum von $\geq 1\text{KBE}$ (=Kolonie-bildende Einheit) werden als „nicht erfolgreich desinfiziert“ und „potenziell infektiös“ klassifiziert.

Es erfolgt eine Darstellung in tabellarischer Übersicht sowie eine Dokumentation der Platten mittels Fotografie.

Mit den erhobenen Messdaten soll eine Abschätzung der Desinfektionswirkung der einzelnen Verfahren bzw. den Grad der Verunreinigung erfolgen.

Die Faktoren Zeit und Kosten sollen erhoben und im Anschluss an das Experiment tabellarisch für alle angewendeten Verfahren dargestellt werden.

Material

Für die Herstellung der Keimsuspensionen werden Bakterienstämme (*E. coli*, *P. aeruginosa*, *E. faecalis*) aus klinischen Isolaten, welche zu diagnostischen Zwecken an die AGES eingesandt wurden und deren Untersuchung bereits abgeschlossen ist, isoliert, zur weiteren Verwendung auf Columbia-Agar und Drigalski-Agar (beide Fa. Becton- Dickinson) subkultiviert und mittels Matrix-assistierter-Laser-Desorption-Ionisierung Flugzeitanalyse (MALDI- TOF, Fa. Bruker) verifiziert. Es erfolgt ausdrücklich keine Erhebung Patienten-sensibler Daten.

Zur Herstellung der Keimsuspension wird eine sterile Natriumchloridlösung verwendet.

Labor, Labormaterial und Laborinfrastruktur werden von der AGES zur Verfügung gestellt.

Folgende Wasserdessinfektionskits wurden in der Hansson- Apotheke (Favoritenstraße 239, 1100 Wien) erworben und sollen nun geprüft werden:

Tabelle 8- In der Laborversuchsreihe getestete Präparate

Name	Produzent	Wirkstoff	Packungsgröße
<i>Micropur® Classic MC 1T</i>	Fa. Katadyn	2,5 mg/g Silber	100 Stück
<i>Micropur forte® MF 1T DCCNA</i>	Fa. Katadyn	99.8 mg/g Troclosennatrium 1.8 mg/g Silber	100 Stück
<i>Solutio Jodi Spirituosa</i>	Fa. Elisabeth Schubert	3 g Iod 1,5 g Kaliumiodid 3 g gereinigtes Wasser 92,5 g Ethanol 96%	100 g

Eine Auflistung der verwendeten Materialien und Geräte sowie die entsprechenden Produzenten findet sich in Tabelle 6.

Tabelle 9- Für die Laborversuche verwendete Produkte

Produkt	Hersteller
Columbia Agar	bioMerieux Austria
Drigalski Agar	bioMerieux Austria
Sabauroud Agar	bioMerieux Austria
TSA Agar	bioMerieux Austria
Vortexer	Janke&Kunkel IKA Labortechnik
Labor Phiole 1000ml	Pyrex
Tupfer	deltalab
MALDI TOF	Bruker
Reagenzgläser	CAP-O-TEST

4. Daten und Ergebnisse

Forschungshypothese 1- Risikoabschätzung einer Kontamination auf nationaler Ebene

Ziel dieses Abschnitts ist es, das Risiko der österreichischen Bevölkerung hinsichtlich einer Kontamination des Trinkwassers zu erheben. Dazu werden zunächst die unterschiedlichen Arten der Trinkwassergewinnen im Allgemeinen (staatlich aus Quellwasser und Grundwasser bzw. privat aus Hausbrunnen und Quellen) erläutert und kurz auf die Wasserversorgung im Großraum Wien eingegangen.

Im Anschluss wird auf Kontaminationen im Bereich der einzelnen Systeme eingegangen und schließlich mögliche Naturkatastrophen (Erdbeben, Hochwasser und Überschwemmung, Sturm und Orkan) die auf diese Systeme einwirken können, erhoben und deren Risiko mittels Risikomatrix hinsichtlich Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadenspotenzial eingestuft.

Forschungsfrage 1- Qualität und Quantität eines sicheren Trinkwasserversorgungssystems

Pro Tage Trinkwasserversorgungsmenge

In Österreich liegt der durchschnittliche Trinkwasserverbrauch dzt. (Stand 2018) bei 130 Litern pro Tag pro Person, ohne Einbeziehung von Gewerbe, Industrie und Großverbrauchern. (vgl. BMLRT, 2018)

Auch unterliegt der tägliche Wasserverbrauch stark zeitlichen und saisonalen Schwankungen, zudem kulturellen, klimatischen und sozialen Unterschieden. So treten Beispielsweise zwei Spitzen im Verbrauch zwischen 07:00 Uhr und 12:00 Uhr vormittags, sowie zwischen 18:00 Uhr und 20:00 Uhr nachmittags auf. An Wochenenden steigt der Wasserverbrauch durchschnittlich um 12% mit höherem Verbrauch im Sommer und niedrigerem Verbrauch im Winter. Den größten Anteil dieser Menge machen Toilettenspülungen aus, wohingegen weniger als 20% (27 Liter pro Tag, pro Person) des täglichen Verbrauchs als Trinkwasser und zur Nahrungszubereitung verwendet werden. (vgl. Gray, 2008: S. 3)

Humanitäre Organisationen gehen währenddessen davon aus, dass der Trinkwasserverbrauch für Verzehr und Basishygiene unter Überlebensbedingungen, und daher auch im Katastrophenfall, zumindest 7.5 bis 15 Liter pro Person pro Tag beträgt. (vgl. Steering Committee for Humanitarian Response, 2004)

Mikrobiologische Anforderungen an Trinkwasser

Die Bezeichnung als Trinkwasser stellt Ansprüche in Bezug auf Geschmack, Sicherheit, Klarheit, Farbe und Geruch. Außerdem sollte es neutral und nicht korrosiv sein. (vgl. Gray, 2008: S. 8)

Hinsichtlich der mikrobiologischen Wasserqualität werden die Parameter für nicht desinfiziertes Wasser der österreichischen Trinkwasserverordnung (TWV) Anhang I-Parameter und Parameterwerte, Teil A- Mikrobiologische Parameter gewählt (vgl. Tbl. 10).

Tabelle 10- Mikrobiologische Parameter für nicht desinfiziertes Wasser gem. TWV

Mikrobiologische Parameter für nicht desinfiziertes Wasser	
Keim	Koloniebildende Einheiten (KBE)/100ml
<i>E. coli</i>	0
<i>Enterokokken</i>	0

Forschungsfrage 2- Trinkwasserversorgungssysteme in Österreich und deren Kontamination

Trinkwassersysteme in Österreich

Österreich zählt international zu den Ländern mit einer sehr guten Versorgung mit Trinkwasser von ausgesprochen hoher Qualität.

Unter Trinkwasserversorgung ist der Prozess zu verstehen, bei dem rohes Wasser gesammelt, behandelt und für den menschlichen Gebrauch und Verzehr verteilt wird. (vgl. Koh, Nasir, & Zullyadini, 2017)

7,94 Millionen Österreicher, d.h. 90% der österreichischen Bevölkerung, beziehen ihr Trinkwasser durch eine zentrale Wasserversorgungsanlage wobei sich 50% auf Quell- und die anderen 50% auf Grundwasser verteilen. (vgl. BMNT, 2018)

Knapp 96% der österreichischen Bevölkerung werden dabei von nur 276 großen Wasserversorgern mit Trinkwasser versorgt. Als großer Wasserversorger werden gem. Österreichischem Trinkwasserbericht jene Wasserversorger angesehen, die mehr als 1.000m³ Wasser pro Tag abgeben, oder aber mehr als 5.000 Personen pro Tag versorgen. (vgl. BMASGK, 2017)

Eine schematische Darstellung eines Wasserversorgungssystems in Österreich ist in Abbildung 7 dargestellt.

Betreiberinnen und Betreiber einer Wasserversorgungsanlage müssen das dadurch zur Verfügung gestellte Wasser im Rahmen ihrer Eigenverantwortung in regelmäßigen Abständen

prüfen und die Versorgungsanlage entsprechend überwachen lassen. Zugehörige Befunde und Gutachten sind im Anschluss in regelmäßigen Abständen den zuständigen Behörden zu übermitteln. Außerdem müssen Abnehmer und Verbraucher über die vorliegende Qualität informieren werden bzw. auch im Falle einer Parameterüberschreitung unverzüglich über die überschrittenen Parameter und die zugehörigen Messwerte aufgeklärt werden. Anschließend hat der Betreiber eine 30- Tage Frist, in der der Normalbereich der betroffenen Parameterwerte wiederherzustellen ist. (vgl. BMASGK, 2017)

Wie in Abb. 7 dargestellt, benutzen lediglich knapp 10% der Österreicher zur Trinkwassergewinnung eigene Hausbrunnen oder Quellen, sogenannte Einzelversorgungsanlagen. (vgl. BMNT, 2018)

Diese, als kleinste Wasserversorgungsanlagen und Einzelwasserversorgungsanlagen bezeichneten Systeme unterliegen im Gegensatz zu großen Wasserversorgungsanlagen nicht den lebensmittelrechtlichen Bestimmungen, da die Verwendung als Trinkwasser lediglich im eigenen, privaten Haushalt erfolgt. (vgl. BMASGK, 2017)

Es sind daher auch keine regelmäßigen Überprüfungen des Wassers und der Versorgungsanlage verpflichtend durchzuführen oder zu erbringen.

Versorgt durch zentrale Trinkwasserversorgungsanlagen



Abbildung 7- Versorgung der österreichischen Bevölkerung durch zentrale Trinkwasserversorgungsanlagen (Quelle: Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach, 2018)

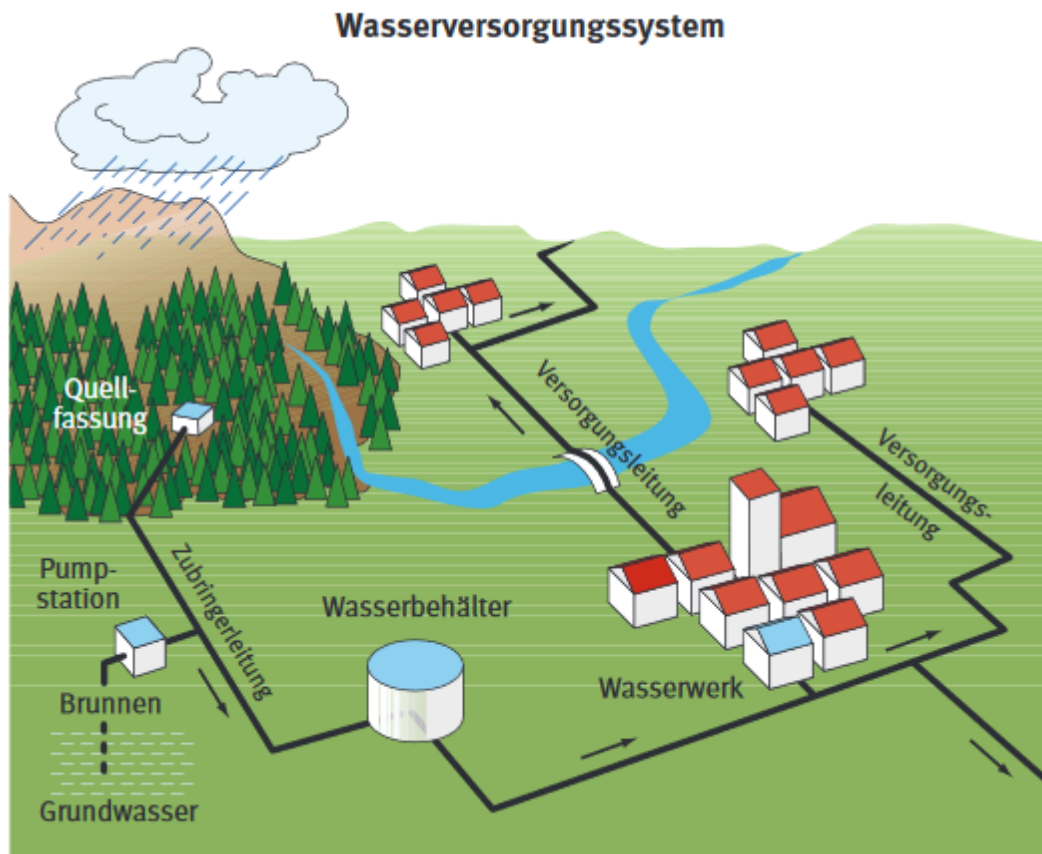


Abbildung 8- Beispiel eines Wasserversorgungssystems in Österreich (Quelle: Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach, 2018)

99,5% (=1.867.582 Einwohner) der Wiener Stadtbevölkerung werden von nur einer einzigen Trinkwasserversorgungsanlage mit 146.846.550m³ Wasser jährlich versorgt: Der Wiener Hochquellwasserleitung. (vgl. BMASGK, 2017)

Die Trinkwasserversorgung wird im Normalbetrieb zu 100% aus Quellwasser via der I. und der II. Wiener Hochquellenleitung aufrechterhalten. Die entsprechenden Quellengebiete dafür liegen im Bereich Schneeberg, Rax und Schneealpe bzw. im Fall der II. Wiener Hochquellenleitung im Gebirgsstock des Hochschwabs (vgl. Abb. 9). Bei Bedarf kann zusätzlich Grundwasser aus den Wasserwerken Lobau und Moosbrunn in das System eingeleitet werden, worauf ca. 5% des jährlichen Wiener Trinkwasserverbraus fallen. (vgl. Stadt Wien, 2020)



Abbildung 9- Verlauf der I. und II. Wiener Hochquellenleitung nach Wien (Quelle: Stadt Wien, 2020)

Kontaminationsquellen Allgemein

Die Kontamination von wasserführenden Systemen kann auf eine Vielzahl von Faktoren zurückzuführen sein. Unter anderem werden im Österreichischen Trinkwasserbericht dabei Rohrgebrechen, Hochwasser oder Starkregenereignisse oder sanierungsbedürftige Quelfassungen und Brunnen genannt. (vgl. BMASGK, 2017)

Kontamination von Quellwasser

Als Quellwasser gilt „Wasser, das seinen Ursprung in einem unterirdischen Wasservorkommen hat und aus einer oder mehreren natürlichen oder künstlich erschlossenen Quellen gewonnen wird.

Es ist von ursprünglicher Reinheit.“ (BMGF, 2007: 5) Es ist daher zu Tage tretendes Grundwasser.

Zum Schutz von Quellgebieten und Wassergewinnungsstellen und zur Vermeidung negativer Einflüsse auf das Trinkwasser kann von der jeweiligen Wasserrechtsbehörde per Bescheid ein Wasserschutzgebiet festgelegt werden. Die Grundlagen dafür sind in der ÖVGW Richtlinie W 72 (Schutz- und Schongebiete) festgelegt.

Zusätzlich kann ein größeres Gebiet zum Schutz des Grundwasservorkommens vom jeweiligen Landeshauptmann via Verordnung explizit als Wasserschongebiet ausgewiesen werden. Damit kann die Aufrechterhaltung einer hohen Wasserqualität mittels spezieller Auflagen, Nutzungseinschränkungen, Verbote und Gebote gesichert werden.

Die Ausweisung von Schutz- und Schongebieten erfolgt entsprechend der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie – WRRL), welche im Dezember 2002 in Kraft getreten ist und bis Ende 2003 mit der WRG-Novelle 2003, BGBl. I Nr. 112/2003 in österreichisches Recht umgesetzt wurde.

Das Risiko einer Kontamination durch umliegende Böden kann also, aufgrund der strengen Umgebungsaufgaben und begleitenden Schutzmaßnahmen des Quellgebiets, als gering eingestuft werden.

Ein weiterer wichtiger Faktor in der Begünstigung von bakterieller Kontamination ist die Wassertemperatur, da warme Temperaturen das Keimwachstum begünstigen. Für *Legionella spp.* liegt die optimale Vermehrungstemperatur (=Risikobereich) beispielsweise zwischen 25°C und 55°C. (vgl. RKI, 2019)

Viele Faktoren nehmen Einfluss auf die Temperatur des Quellwassers bis zum Austritt. So sind nicht nur die Tiefenlage und die unterirdische Fließgeschwindigkeit relevant, sondern auch Umgebungsbedingungen wie beispielsweise Klima und Seehöhe spielen eine Rolle. Im alpinen Raum wirken sich außerdem auch Schmelzwässer entscheidend auf die Quelltemperatur aus.

Bis zum Austritt durchläuft Quellwasser vier Temperaturzonen. Zunächst die untere Temperaturzone (e-Zone), bei der die Wassertemperatur dem geothermischen Tiefengradienten unterworfen ist und pro 100 Meter ca. um 3°C zunimmt. Die jährliche Aktivitätsschicht ist von der durchschnittlichen Jahrestemperatur abhängig und ist in der Regel nur minimalen Schwankungen unterworfen.

Darüber liegt die jährliche Inversionsschicht, in der Divergenz- und Konvergenzschichten als Auswirkung der jährlichen temperaturwelle auftreten sowie die tägliche Aktivitätsschicht, an deren unterer Grenze praktische keine Tagesschwankungen der Temperatur mehr vorliegen.

In der oberen Temperaturzone (=tägliche Inversionsschicht) schließlich sind die vorherrschenden Umgebungsbedingungen (Lufttemperatur) und klimatischen Bedingungen Ausschlag gebend, welche zu täglichen Schwankungen führen. (vgl. Wagner & Lajos, 1967)

In der Regel entspricht die Austrittstemperatur des Quellwassers jener der Zwischenzone und somit der mittleren Jahrestemperatur.

Auf klimatische Einflüsse auf das Kontaminationsrisiko soll allerdings im weiteren Verlauf dieser Arbeit nicht näher eingegangen werden.

Kontamination von Grundwasser

Das Grundwasser in Österreich liegt in Tal- und Beckenlagen in Form von Porengrundwasser vor; im alpinen Raum in Form von Karst- und Kluftgrundwasservorkommen. (vgl. UBA, 2017)

Hochwässer können sich auf Grundwässer insofern auswirken, als dass sie die Qualität beeinträchtigen und zur Einschleppung von Schwermetallen wie etwa Chrom, Kupfer und Zink in ebendiese führen können. (vgl. Koh, Nasir, & Zullyadini, 2017)

Diese Verbindungen können in weiterer Folge zu gravierende Auswirkungen auf das menschliche Wachstum, die Organe und die Nerven haben und in schweren Fällen auch zu Krebs bzw. sogar zum Tod führen. (vgl. Nayan, et al., 2016)

Auch kann sich ein Hochwasser auf Wasseraufbereitungsanlagen, wie beispielsweise Kläranlagen, auswirken, da der hohe Anteil an Sediment und die mitgeschwemmten Feststoffe einen hohen Trübungsgrad des Wassers mitbringen und so die Klärung erheblich erschweren. (vgl. Koh, Nasir, & Zullyadini, 2017)

Aber auch Bakterien können beispielsweise durch Hochwässer in das Grundwasser eingeschwemmt werden und so zu einer Kontamination desselben führen. (vgl. Kriechmayr, 2010)

Kontamination von kleinen Trinkwasserversorgern und Brunnen

Im Bereich der kleinen Trinkwasserversorger (Wasserabgabemenge $<10\text{m}^3$) treten besonders häufig mikrobiologische Verunreinigungen auf. Bei einer Untersuchung von 132 Betrieben in Österreich, welche in Trinkwasser mittels kleiner Trinkwasserversorgungsanlage beziehen, war in 19% der Fälle das Wasser zum Verzehr ungeeignet. Bei weiteren 21% wurden außerdem Mängel festgestellt und in 21 Fällen wurden die mikrobiologischen Parameter nicht eingehalten (*E. coli* und *Enterokokken*- Nachweis). (vgl. BMASGK, 2017)

Auch in drei öffentlichen Trinkbrunnen kam es zu Parameterwert- und Indikatorparameterwert- Überschreitungen. Konkret wurden hier *Clostridium perfringens*, *E. coli* und coliforme Bakterien nachgewiesen. (vgl. BMASGK, 2017)

Hausbrunnen und Quelfassungen zählen mit Wasserabgabemengen $<10\text{m}^3$ ebenfalls zu den sogenannten kleinen Trinkwasserversorgern. Als Einzelwasserversorgungsanlage unterliegen diese allerdings im Gegensatz zu öffentlichen Trinkbrunnen nicht den lebensmittelrechtlichen Bestimmungen, „(...) sofern die Abgabe und die Verwendung von Trinkwasser im eigenen, privaten Haushalt bzw. im familiären Verband erfolgen (...)“. (vgl. BMASGK, 2017: 26)

Forschungsfrage 3- Katastrophen welche in Österreich auf die Trinkwasserversorgung einwirken können

Erdbeben

Schadenspotenzial

Erdbebenstärken und deren Zerstörungspotenzial können anhand der Mercalli- Sieberg Skala gemessen werden. Ab einer Intensität (I_0) von VI kann es demnach bereits zu leichten Gebäudeschäden und feinen Mauerrissen kommen (vgl. Tab. 7), welche an nahezu allen Stellen Einfluss auf die Trinkwasserversorgungsleistung, wie beispielsweise direkt im Quellbereich bzw. der Einspeisung des frischen Quellwassers in das Trinkwasserversorgungssystem, im Bereich des Leitungssystems (z.B.: Aquädukt), der Speicherung oder aber auch bei dessen Übergang vom zentralen Leitungssystem in das dezentrale/ hauseigene Rohrleitungssystem bis hin zum eigentlichen Austritt an der jeweiligen Entnahmestelle, nehmen können. (vgl. Kriechmayr, 2010; BMASGK, 2017)

In der vorliegenden Arbeit soll davon ausgegangen werden, dass Erbeben der Stärke VI zu einer Einschränkung der Wasserversorgung aufgrund technischer und baulicher Gebrechen führen können. Bei Erdbeben der Stufe VII und höher soll von einer starken Einschränkung bis hin zur Unterbrechung der Wasserversorgung ausgegangen werden, wobei hier auch schon ein potenzielles Kontaminationsrisiko gegeben ist. (vgl. Tromans, 2004: S. 45)

Tabelle 11- Skala nach Mercalli- Sieberg, Intensität 6-12 (Quelle: Sicherheits- Informationszentrum Österreich- b, 2020)

Intensität	Klassifizierung	Beschreibung
VI	leichte Gebäudeschäden	Viele Personen erschrecken und flüchten ins Freie. Einige Gegenstände fallen um. An vielen Häusern, vornehmlich in schlechterem Zustand, entstehen leichte Schäden, wie feine Mauerrisse und das Abfallen von z.B. kleinen Verputzteilen.
VII	Gebäudeschäden	Die meisten Personen erschrecken und flüchten ins Freie. Möbel werden verschoben. Gegenstände fallen in großen Mengen aus den Regalen. An vielen Häusern solider Bauart treten mäßige Schäden auf (kleine Mauerrisse, Abfall von Putz, herabfallen von Schornsteinteilen). Vornehmlich Gebäude in schlechtem Zustand zeigen größere Mauerrisse und Einsturz von Zwischenwänden.
VIII	schwere Gebäudeschäden	Viele Personen verlieren das Gleichgewicht. An vielen Gebäuden einfacher Bausubstanz treten schwere Schäden auf; d.h. Giebelteile und Dachgesimse stürzen ein. Einige Gebäude sehr einfacher Bauart stürzen ein.
IX	zerstörend	Allgemeine Panik unter den Betroffenen. Sogar gut gebaute gewöhnliche Bauten zeigen sehr schwere Schäden und teilweisen Einsturz tragender Bauteile. Viele schwächere Bauten stürzen ein.
X	sehr zerstörend	Viele gut gebaute Häuser werden zerstört oder erleiden schwere Beschädigungen.
XI	verwüstend	Die meisten Bauwerke, selbst einige mit gutem erdbebengerechtem Konstruktionsentwurf und - ausführung, werden zerstört.
XII	vollständig verwüstend	Nahezu alle Konstruktionen werden zerstört.

Häufigkeit

In Österreich treten in regelmäßigen Abständen Erdbeben unterschiedlicher Intensität auf. Aufzeichnungen darüber finden sich in der österreichischen Chronik der Schadenbeben und reichen bis ins Jahr 1201 n. Chr. zurück. (vgl. Sicherheits- Informationszentrum Österreich- a, 2020)

Die Tätigkeit konzentriert sich dabei auf bestimmte Regionen Österreichs. Dies wird vor allem dann deutlich, wenn man die Beben mit Epizentralintensität (I_0) nach EMS-98 (Mercalli-Sieberg-Skala) von sechs oder höher geografisch lokalisiert (vgl. Abb. 11).

Hierbei wird eine deutliche Häufung in der Achse Wien-Klagenfurt sowie im Großraum Innsbruck deutlich.

Seit 1998 verfasst die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik einen jährlichen Erdbeben Jahresbericht in dem alle im entsprechenden Jahr aufgetretenen seismischen Beobachtungen erfasst und dokumentiert werden. (vgl. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2020)

Darin finden sich für die vergangenen 22 Jahre (Zeitraum: 1998-2019) insgesamt 17 Erdbeben in Österreich mit einer Epizentralintensität nach EMS- 98 von zumindest V-VI oder höher (vgl. Tbl. 12).

Statistisch gesehen kam es also in den vergangenen 22 Jahren alle 1,3 Jahre in Österreich zu einem Erdbeben, welches das Potenzial besitzt, auf Strukturen (Gebäude, Leitungen, u.ä.) der Wasserversorgung negativen Einfluss im Sinne von leichten Schäden (z.B.: feine Mauerrisse) zu nehmen.

Erste Aufzeichnungen über Erdbeben in Österreich existieren seit dem Jahr 1201. (vgl. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2012)

Seither kam es zu 19 Erdbeben, welche gem. Erfahrungsberichten einer Epizentralintensität von VII (EMS- 98) zugeordnet werden können. Es kommt also statistische gesehen alle 43 Jahre zu Erdbeben, welche auch in Gebäuden solider Bauart mäßige Schäden verursachten und sogar zu Einstürzen von Zwischenwänden (in Gebäuden in schlechterem Zustand) führen können.

In sieben Fällen kam es bisher zu Erdbeben der Stärke VIII (zuletzt 1972 in Seebenstein). Das ist im Durschnitte alle 117 Jahre ein Erdbeben, welches zu Dacheinstürzen aber bei Gebäuden einfacher Bauart auch zu Kompletteinstürzen führen kann.

Dreimal kam es in der bekannten Geschichte bisher in Österreich zu Erdbeben der Stufe IX (zuletzt 1690 im Friaul an der Grenze zu Österreich). Das sind Erdbeben, welche schwere Schäden an Gebäuden guter Bauart und den Einsturz vieler Gebäude schwächerer Bauart nach sich ziehen.

Zu Beben der Stärke X kam es bisher in zwei Fällen (zuletzt 1976 ebenfalls im Friaul mit Schäden auch in Österreich). Demnach ist also ca. alle 400 Jahre mit einem sehr

zerstörerischen Erdbeben (Zerstörung gut gebauter Häuser) in Österreichs naher Umgebung zu rechnen.

Gemäß diesen Aufzeichnungen kommt es also alle 26 Jahre zu einem Erdbeben, der Stärke VII oder höher, welches ein potenziellen Kontaminationsrisiko darstellt (vgl. Tbl. 13).

Lt. Informationen der ZAMG ereignen sich Erdbeben mit leichten Gebäudeschäden im statistischen Mittel seit Beobachtungszeitraum alle drei Jahre, mit mittleren Gebäudeschäden alle 15-30 Jahre und Erdbeben mit schweren Gebäudeschäden im Durchschnitt alle 75-100 Jahre. (vgl. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2012)

Tabelle 12- Erdbeben der Stärke V-VI in den vergangenen 22 Jahren (Beobachtungszeitraum 1998-2019)

Stärke	Anzahl	Mittel
V-VI	17	Alle 1,2 Jahre

Tabelle 13- Auftreten von Erdbeben unterschiedlicher Stärke (VII-IX) in Österreich in den letzten 819 Jahren welche zu Unterbrechungen in der Versorgung und zu Kontamination des Trinkwassers führen können

Stärke	Anzahl	Mittel
VII	19	Alle 43 Jahre
VIII	7	Alle 117 Jahre
IX	3	Alle 273 Jahre
X	2	Alle 409 Jahre
VII-X	31	Alle 26 Jahre

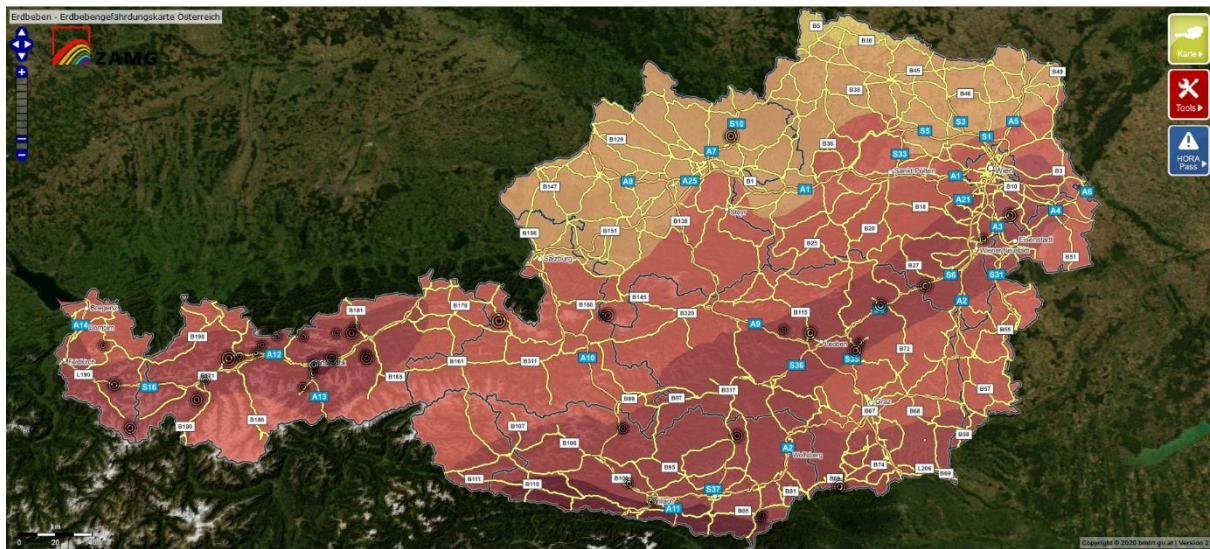


Abbildung 10- Erdbebengefährdungskarte Österreich, gelb: V-VI, orange: VI, rot: VI-VII, dunkelrot: VII, violett: VII-VIII (Quelle: BMLRT, 2020)

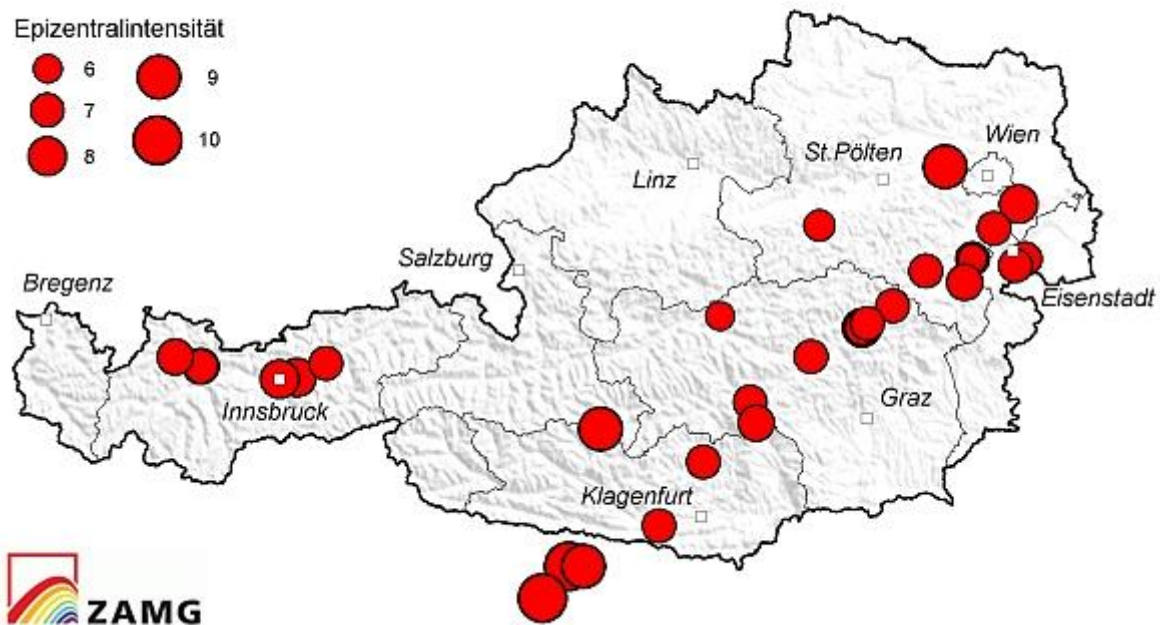


Abbildung 11- Epizentren Karte der stärkeren Erdbeben Österreichs (Quelle: ZAMG, 2012)

Risikomatrix

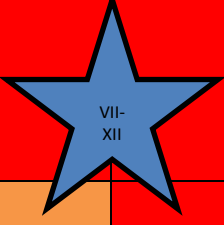
		Eintrittswahrscheinlichkeit				
		sehr niedrig	niedrig	mittel	hoch	sehr hoch
Schadenspotenzial	kritisch					
	katastrophal					
	hoch					
	gering					
	unbedeutend					

Abbildung 12- Risikomatrix für Erdbeben in Österreich (Erdbebenstärke nach EMS-98 in den Sternen wiedergegeben)

Entsprechend der erhobenen Daten kommt es in Österreich alle 43 Jahre zu Erdbeben der Stärke VII, alle 117 Jahre zu Erdbeben der Stärke VII, alle 273 Jahre zu Erdbeben der Stärke IX und alle 409 Jahre zu Erdbeben der Stärke X. Im Durchschnitt tritt also alle 26 Jahre zumindest ein Erdbeben in Österreich auf, welches zu einer Kontamination des Trinkwassers oder aber auch zu einer Unterbrechung des Trinkwasserversorgungssystems führen kann. Diese Szenarien fallen daher in den Intoleranzbereich und stellen demnach inakzeptable Risiken dar, welchen hinsichtlich Bewältigungsmaßnahmen höchste Priorität beigemessen werden muss.

Alle 1,2 Jahre kam es in den vergangenen 22 Jahren zu Erdbeben der Stufe V-VI, welche aufgrund der daraus resultierenden Schäden (leichte Gebäudeschäden wie etwa feine Mauerrisse) zu einer Einschränkung der lokalen Wasserversorgung (hohes bis mittleres Risiko). Entsprechende Maßnahmen können hier optional und nach Vorhandensein von Ressourcen in Erwägung gezogen werden.

Hochwasser und Überschwemmungen

Hochwasser und Überschwemmungen unterschiedlichster Ursachen treten weltweit und in regelmäßigen Abständen auf. Oft kommt es im Rahmen des Ereignisses zu Einschränkungen der lokalen Wasserversorgung und der Wasserqualität. (vgl. Colindres, Bowen, & Domond, 2007; Islam, et al., 2006; Eccles, Checkley, Sjogren, H., & Bertazzon, 2017; Chanda Shimi, Ara Parvin, Biswas, & Shaw, 2010)

Auch in Österreich kommt es, v.a. entlang der Donau, in regelmäßigen Abständen zu Hochwässern und Überflutungen, von teils katastrophalen Ausmaß. Diese können in Österreich unterschiedliche Ursachen haben. Während dem Meer in Österreich aufgrund seiner Lage als Binnenland keine Relevanz beigemessen werden kann, spielen hierzulande, gerade auch aufgrund der alpinen Strukturen Flüsse eine wesentliche Rolle. Hierbei sind vor allem saisonale Phänomene, wie beispielsweise Schneeschmelze und Eisstoß sowie saisonal auftretende Unwetterereignisse mit Starkregen und damit verbundenen Grundwasserhochständen ausschlaggebend. (vgl. Niederösterreichischer Zivilschutzverband, 2020) Betroffen davon sind vor allem Gebiet im Einzugsbereich von größeren Flüssen und Wildbächen (vgl. Abb. 13).

Aber auch dem Bruch von Staudämmen und natürlich aufgestauten Seen sowie Rückstauereignisse aufgrund von Verklausungen kann eine gewisse Bedeutung beigemessen werden. (vgl. BMLFUW, 2011)

Schadenspotenzial

Auswirkung auf die lokale Trinkwasserversorgung haben Überschwemmungen insofern, als dass es zu mikrobiologischen Verunreinigungen des Trinkwassers durch das einschwemmende Oberflächenwasser in Brunnenanlagen, Quellen und Behältern und zu hydrogeologischen Veränderungen im Zustromgebiet und der Fassungszone kommen kann. (vgl. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung- c, 2020)

Ein weiterer wesentlicher Faktor sind hydrostatische Kräfte, welche an Gebäuden aber auch an Leitungen schwere strukturelle Schäden hinterlassen können und bis zur kompletten Zerstörung des Versorgungssystems führen können. So kann es zu Schäden im Bereich der Pumpstation, zu Verlegungen des Systems aufgrund von Treibgut und Sediment oder aber auch zu Rohrbrüchen kommen. (vgl. Pan American Health Organization, 2002)

Auch können durch die Zerstörung von Infrastruktureinrichtungen gefährliche Stoffe freisetzen werden, welche anschließend mit dem Wasser in weitere Gebiete und Trinkwasserversorgungssysteme verfrachtet werden können (Chemikalien, Düngemittel, Abfall, Fäkalien, Heizöl, etc...). (vgl. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung- a, 2020)

Nach massiven Überschwemmungen kann es Wochen bis Monate dauern, bis reguläre Grundwasserverhältnisse wiederhergestellt werden können und das Wasser wieder Trinkwasserqualität erreicht. So konnte in Oberösterreich, nach dem Hochwasser des Jahres

2002, eine Normalisierung der Grundwasserqualität beispielsweise erste nach 80-100 Tagen erreicht werden. (vgl. Amt der Österreichischen Landesregierung- b, 2018)

Da Hochwässer einen *stochastischen Charakter* besitzen (vgl. BMLFUW, 2011: 19) und individuelle Schäden im Bereich der Wasserversorgung sowie Kontamination auch bereits bei vergleichsweise kleinen Überschwemmungen eintreten können ohne dabei größere strukturelle Schäden (Schäden an der Gebäudesubstanz, Einsturz) zu hinterlassen, ist bei jedem Hochwasser prinzipiell mit einer Kontamination zu rechnen. (vgl. Pan American Health Organization, 2002)

Häufigkeit

In Österreich kam es in den vergangenen 30 Jahren zu sieben großen Ereignissen.

1991 traten Enns, Inn und Salzach, allesamt Donauzubringer, über die Ufer wodurch es mitunter zu großflächigen Überschwemmungen in Niederösterreich (Raum Neunkirchen und Wiener Neustadt) kam und sogar in Wien die Hochwassermarke erreicht wurde. Im Verlauf des Hochwassers kamen 6 Personen ums Leben, 6000 Hektar Ackerland wurden vernichtet (Ernteauffälle in Höhe von 21,8 Millionen Euro) 80% des Nieder- und 50% des Rotwildbestands wurden getötet. Der Gesamtschaden belief sich auf mehr als 71 Millionen Euro. (vgl. Der Standard, 2006)

Im Juli 1994 war vor allem der Osten Österreichs von schweren Unwettern betroffen. Im Bereich der Wiener Hohen Warte fielen innerhalb von drei Stunden 45 Liter pro Quadratmeter, was mehr als der Hälfte des durchschnittlichen Monatsniederschlages entspricht. Im Bereich des Bisamberges wurden Weinkeller, Straßen und Autos durch mitgeschwemmte Erdmassen beschädigt. Im niederösterreichischen Wolkersdorf wurde das Ortszentrum überflutet und bei Fischamend streckenweise auch die Schnellstraße B9. (vgl. Der Standard, 2006)

Im Juli 1997 führte der „große Regen“ zu zahlreichen überfluteten Kellern im Raum Wien, zu Überschwemmungen der B3 in Niederösterreich sowie zu katastrophalen Überflutungen in den Bezirken Baden, Wien-Umgebung, Tulln, Neunkirchen und Sankt Pölten. Der Bezirk Lilienfeld war zeitweise von der Außenwelt abgeschnitten. Es kam zu Stromausfällen und schweren Gebäudeschäden bis hin zu Komplettzerstörungen. In Oberösterreich waren die Bezirke Steyr, Schärding, Grieskirchen, Ried im Innkreis und Gmunden stark betroffen, wobei es hier auch zu mehreren Murenabgängen kam. Der Gesamtschaden belief sich auf mehr als 145 Millionen Euro. (vgl. Der Standard, 2006)

Im August 2002 kam es zu einem sogenannten Jahrhunderthochwasser (HQ100), welches seine größte Wirkung im Bereich des Kamps zeigte. Es kam zu 9 Todesfällen und einem Gesamtschaden von über drei Milliarden Euro. Auch betroffen davon waren das oberösterreichische Machland und das Eferdinger Becken sowie der steirische Bezirk Liezen, St. Johann in Tirol und mehrere Gemeinden in Salzburg. (vgl. Der Standard, 2006)

Im Juli 2005 kam es in Salzburg zu großflächigen Überschwemmungen, in Folge deren sogar das Krankenhaus Mittersill geräumt werden musste. Die Schäden lagen im dreistelligen Millionenbereich.

Aber auch im August desselben Jahres kam es zu Überflutungen, welche v.a. auf die Infrastruktur des Landes starke Auswirkungen hatten. So musste die Verkehrsverbindung Tirol-Vorarlberg komplett gesperrt werden und es kam zu einem Ausfall des gesamten Zugbetriebes in Vorarlberg. (vgl. Der Standard, 2006)

Im April 2006 kam es im Bezirk Gänserndorf zu einem Dammbruch der March, welcher den Ort Dürnkrot überflutete und die Evakuierung des Ortes zu Folge hatte. Auch Ende Juni kam es Raab a.d. Thaya zu Überflutungen des Stadtkerns mit zahlreichen Gebäudeschäden. (vgl. Der Standard, 2006)

Die Häufigkeit des Auftretens von Hochwasserereignissen wird in Österreich mit dem Begriff der sogenannten Jährlichkeit klassifiziert und beschreibt damit die Wahrscheinlichkeit des Eintretens.

So tritt ein Hochwasser mit der Jährlichkeit HQ30 alle dreißig Jahre ein, ein Hochwasser HQ100 alle hundert Jahre und ein Hochwasser HQ300 alle dreihundert Jahre. Hierbei sei allerdings erwähnt, dass der Eintritt extremer Hochwässer zeitlich und räumlich sehr unregelmäßig ist und es oft zu längeren Phasen ohne ein derartiges Hochwasser kommt, welche von einer kurzen Periode gefolgt werden, in der diese Ereignisse gehäuft auftreten. (vgl. BMLFUW, 2011)

Diese Jährlichkeiten beruhen auf den Wasser-Abflussmengen des jeweiligen Flusses, welche aus historischen Beobachtungen und Dokumenten, sowie aus aktuellen Messwerten statistisch ermittelt werden. Anhand der Donau soll eine derartige Einteilung exemplarisch gezeigt werden (vgl. Tabelle 10).

Anhand dieser beiden Parameter lassen sich für die vergangenen 233 Jahre elf historische Donauhochwässer in Kategorien von HQ17 (Eintritt alle 17 Jahre) bis HQ>100 (Eintritte seltener als alle 100 Jahre) klassifizieren (vgl. Tabelle 11).

Tabelle 14- Donau Jährlichkeitsstatistik (Quelle: BMK, 2020)

Jährlichkeit	Abfluss (m ³ /Sekunde)
Rechnerisches Höchsthochwasser (RHHW)	14.000
100-jährliches Hochwasser (HQ 100)	11.200
30-jährliches Hochwasser (HQ 30)	10.100
10-jährliches Hochwasser (HQ 10)	7.400
5-jährliches Hochwasser (HQ 5)	6.620
2-jährliches Hochwasser (HQ 2)	5.800
1-jährliches Hochwasser (HQ 1)	5.150

Tabelle 15- Historische Donauhochwässer, W: Wien, K: Pegel Kienstock) (Quelle: BMK, 2020)

Jahr / Datum	Abfluss (m ³ /Sekunde)	Jährlichkeit
4. Juni 2013	11.450 (K)	HQ >100
14. August 2002	11.305 (K)	HQ >100
23. März 2002	8.588 (K)	HQ 17
4. August 1991	9.647 (K)	HQ 26
2. Juli 1975	8.800 (K)	HQ 19
13. Juli 1954	10.200 (K)	HQ 35
17. September 1899	11.200 (K)	HQ 100
2. August 1897	9.900 (K)	HQ 28
4. Jänner 1883	8.520 (K)	HQ 17
4. Februar 1862	10.500 (K)	HQ 50
29. Oktober – 2. November 1787	11.900 (W)	HQ >100

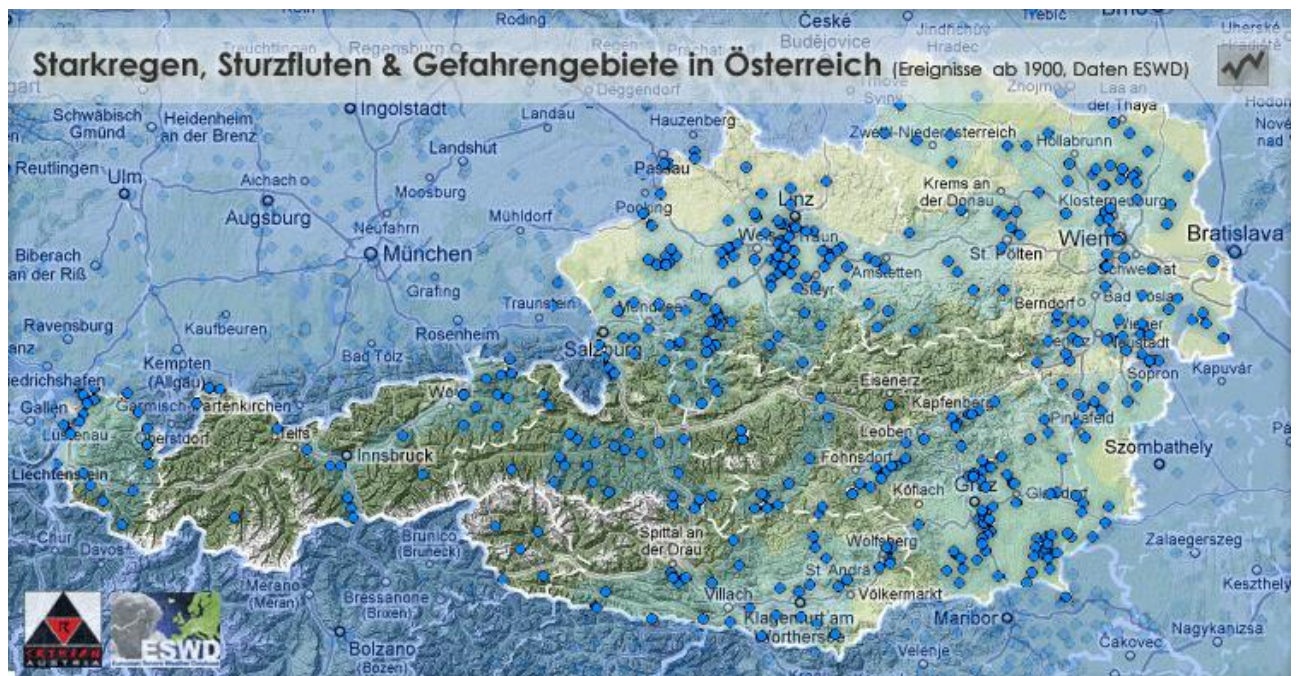


Abbildung 13- Starkregen, Sturzfluten und Gefahrengelände in Österreich mit Ereignissen ab 1900 (Quelle: Skywarn Austria, 2020)

Risikomatrix

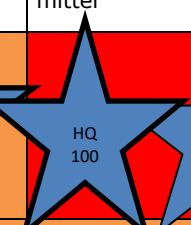
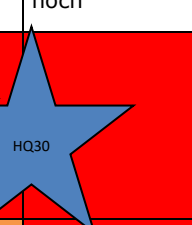
		Eintrittswahrscheinlichkeit				
		sehr niedrig	niedrig	mittel	hoch	sehr hoch
Schadenspotenzial	kritisch					
	katastrophal					
	hoch					
	gering					
	unbedeutend					

Abbildung 14- Risikomatrix für Überschwemmungen und Hochwässer in Österreich

Ein allgemeines Hochwasser- Risiko für Gesamt- Österreich zu ermitteln ist insofern nicht möglich, als dass Hochwasserrisikogebieten nur entlang von Flüssen auftreten und dieses Risiko auf andere, beispielsweise höher gelegene Gebiete, ohne unmittelbare Flussnähe nicht aussagekräftig ist. Aus diesem Grund wird in der folgenden Risikomatrix nur auf die Hochwässer der zeitlichen Kategorie HQ30 (alle 30 Jahre), HQ 100 (alle 100 Jahre) und HQ 300 (alle 300 Jahre) eingegangen. Es ist allerdings davon auszugehen, dass auch jährlich in Risikozonen auftretende Hochwässer eine Kontaminationsgefahr der Trinkwasserversorgung nach sich ziehen. Diese Szenarien fallen daher in den Intoleranzbereich und stellen demnach inakzeptable Risiken dar, welchen hinsichtlich Bewältigungsmaßnahmen höchste Priorität beigemessen werden muss.

Sturm und Orkane

Nahezu jährlich treten in Österreich Stürme auf, welche an Gebäuden aber auch in der Natur schwere Schäden hinterlassen. Betroffen sind davon nahezu alle Bundesländer (vgl. Abb. 15). Ursache dafür sind meteorologische Phänomene unterschiedlichster Art (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), 2011). Starker bis steifer Wind (Beaufort Skala 6-7, vgl. Tbl. 16) sind in Mitteleuropa ein recht häufiges Ereignis. (vgl. Skywarn Austria, 2020)

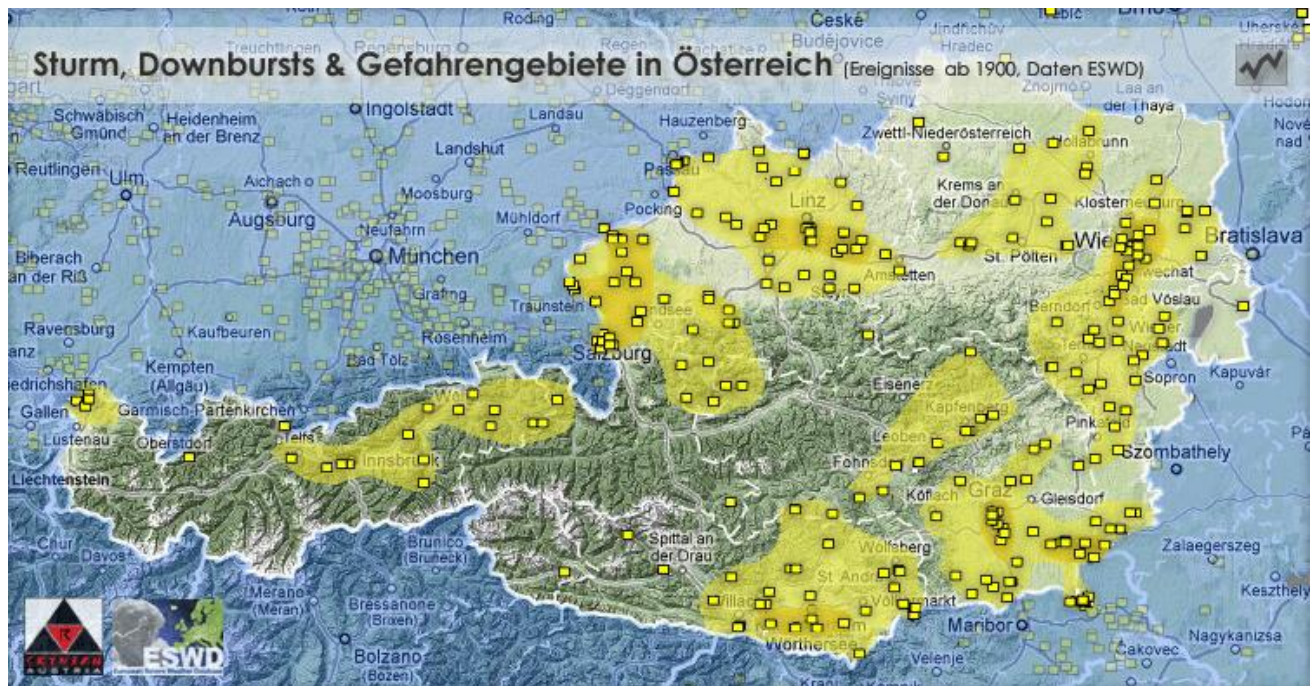


Abbildung 15- Sturm, Downbursts und Gefahrengelände in Österreich mit Ereignissen ab 1900 (Quelle: Skywarn Austria, 2020)

Schadenspotenzial

Stürme und Orkane können anhand der sogenannten Beaufort-Skala eingeteilt und klassifiziert werden (vgl. Tab. 12). Diese beruht primär auf den beobachteten Auswirkungen des Windes auf die Umgebung. Dabei wird als Referenzwert die mittlere Geschwindigkeit in 10 Meter Höhe über freiem Gelände in km/h herangezogen. Die Windstärke kann im Anschluss anhand der Auswirkungen grob geschätzt werden. Sie ersetzt in allerdings nicht die Messung der Windgeschwindigkeit mittels Anemometer.

Tabelle 16- Beaufort Skala unterteilt in Grad, Bezeichnung, Mittlere Windgeschwindigkeit und Beispiele (Quelle: Deutscher Wetterdienst, 2020)

Beaufort Skala			
Beaufort- Grad	Bezeichnung	Mittlere Windgeschwindigkeit in 10m Höhe über freiem Gelände (km/h)	Beispiele für Auswirkungen des Windes im Binnenland
0	Windstille	<1	Rauch steigt senkrecht auf
1	Leiser Zug	1-5	Windrichtung angezeigt durch den Zug des Rauches
2	Leichte Brise	6-11	Wind im Gesicht spürbar, Blätter und Windfahnen bewegen sich
3	Schwache Brise, schwacher Wind	12-19	Wind bewegt dünne Zweige und streckt Wimpel
4	Mäßige Brise, mäßiger Wind	20-28	Wind bewegt Zweige und dünnere Äste, hebt Staub und loses Papier
5	Frische Brise, frischer Wind	29-38	Kleine Laubbäume beginnen zu schwanken, Schaumkronen bilden sich auf Seen
6	Starker Wind	39-49	Starke Äste schwanken, Regenschirme sind nur schwer zu halten, Telegrafleitungen pfeifen im Wind
7	Steifer Wind	50-61	Fühlbare Hemmungen beim Gehen gegen den Wind, ganze Bäume bewegen sich
8	Stürmischer Wind	62-74	Zweige brechen von Bäumen, erschwert erheblich das Gehen im Freien

9	Sturm	75-88	Äste brechen von Bäumen, kleinere Schäden an Häusern (Dachziegel oder Rauchhauben abgehoben)
10	Schwerer Sturm	89-102	Wind bricht Bäume, größere Schäden an Häusern
11	Orkanartiger Sturm	103-117	Wind entwurzelt Bäume, verbreitet Sturmschäden
12	Orkan	Ab 118	Schwere Verwüstung

Gemäß der Beaufort Skala kann es bereits ab einer Stärke von 9 (75-88 km/h Windgeschwindigkeit) zu kleineren Schäden an Häusern kommen. Ab einer Windgeschwindigkeit von 10 (89- 102 km/h Windstärke) ist sogar von größeren Schäden auszugehen.

So kann es zu Schäden an der Wasserversorgungssystem-nahen Infrastruktur, den Rohrleitungen (durch den Wind direkt oder dadurch verursachten Rutschungen), zu Schäden im Bereich der Wassertanks und Reservoirs oder auch zu Schäden am Haus des Endabnehmers kommen. (vgl. Pan American Health Organization, 2002)

Relevante Schäden für die Trinkwasserversorgung können aber auch erst sekundär durch auf die Infrastruktur der Wasserversorgung einwirkende Kräfte (z.B.: umgefallene Bäume, durch den Wind verfrachtete Teile) entstehen. Zur Kontamination kann es erst kommen, wenn es zu Schäden im Leitungssystem oder aber zur Verfrachtung von Kontaminanten in das Quellfassungsgebiet kommt. Auch können Stürme starke Niederschlagsereignisse mit sich bringen welche in weiterer Folge zu Hochwässern führen, wie bereits im vorherigen Kapitel ausführlich dargelegt wurde. (vgl. Pan American Health Organization, 2002)

Solche Ereignisse wären ab einer Windstärke von 10 (89- 102 km/h Windstärke) realistisch.

In Österreich gibt es allerdings bisher keine dokumentierten Fälle von durch Stürmen beeinträchtigter Trinkwasserversorgung.

Häufigkeit

Orkanböen (>117km/h, entspricht Beaufort- Grad 12) treten in Österreich vor allem im Rahmen von Sturmtiefs auf, welche vom Atlantik kommend über Nord- und Mitteleuropa ziehen. (vgl. Skywarn Austria, 2020)

In der Datenbank *Natural Hazard Overview & Risk Assessment Austria* (eHORA) des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus finden sich 14 Sturmereignisse, welche seit dem Jahr 1990 aufgetreten sind (sowie ein weiteres im Jahr 1981). Im Schnitt treten derartige Stürme also alle zwei Jahre auf.

Am 27. Februar 1990 zog das Sturmtief *Vivian* über Österreich. Dabei wurden Spitzengeschwindigkeiten von 147 km/h in Linz- Hörsching gemessen (entspricht Beaufort- Grad 12). Es sind die bisher höchsten gemessenen Windböen in Österreichs Flachland. Es entstanden Schäden in der Höhe von 218 Millionen Euro.

Am 8. Dezember 1993 erreichte ein Sturm in Ober- und Niederösterreich Windspitzen von bis zu 120km/h (entspricht Beaufort- Grad 12). Zahlreiche Häuser wurden abgedeckt.

Am 06. Jänner 1994 verursachte ein Sturm in Tirol und Vorarlberg schwere Schäden. Es wurden Windspitzen von bis zu 140 km/h (entspricht Beaufort- Grad 12) erreicht.

Am 27.01.1995 traf der Sturm *Wilma* Österreich. Damals erreichten die Böen im Wiener Becken bis zu 135 km/h (entspricht Beaufort- Grad 12). Es kam zu Beeinträchtigungen der Stromversorgung und des Zugverkehrs.

Am 5. Jänner 1998 trat in Österreich ein Sturm mit Spitzengeschwindigkeiten bis zu 143 km/h (entspricht Beaufort- Grad 12) auf. Betroffen war vor allem die Steiermark, wo zahlreiche Bäume entwurzelt wurden.

Am 5. Februar 1999 legte das Sturmtief *Lara* mit Spitzen von bis zu 130 km/h (entspricht Beaufort- Grad 12) den Flughafen Wien-Schwechat lahm. Im selben Jahr im Dezember zog auch der Sturm *Lothar* über Österreich und erreichte in Salzburg Spitzengeschwindigkeiten bis zu 130 km/h (entspricht Beaufort- Grad 12).

Am 4. Juli 2000 kam es zu starken Unwettern in Salzburg. Betroffen waren vor allem die Regionen Flachgau, Salzkammergut und Enns, wo es zu Windspitzen von 140 km/h (entspricht Beaufort- Grad 12) kam. Es kam zu zahlreichen Gebäudeschäden zu einer Unterbrechung der Stromversorgung im Großraum von Linz, von der auch der öffentliche Verkehr betroffen war.

Am 19. März 2001 traten in Ober- und in Niederösterreich Stürme mit Spitzen bis zu 110 km/h (entspricht Beaufort- Grad 11) auf, die die Entwurzelung zahlreicher Bäume zur Folge hatten.

Auch vom 26. bis zum 28. Oktober 2002 war Österreich und im Besonderen Tirol von schweren Stürmen betroffen, die Geschwindigkeiten von bis zu 140 km/h (entspricht Beaufort- Grad 12) erreichten.

Am 14. November 2002 traten in Salzburg und Oberösterreich Föhnspitzen von bis zu 150 km/h (entspricht Beaufort- Grad 12) auf und verursachten Schäden über 70 Millionen Euro.

Auch am 14. Und 15. Juli 2003 zog ein Sturm über Westösterreich her und erreichte im Bereich von Zeltweg eine Geschwindigkeit von bis zu 155 km/h (entspricht Beaufort- Grad 12).

Am 15. Dezember 2005 wurden in Wien im Rahmen einer Kaltfront Böen- Spitzenwerte von mehr als 100 km/h (entspricht Beaufort- Grad 11) gemessen. Baugerüste stürzten ein und zahlreiche Bäume knickten ab.

Auch am 19. Jänner 2007 verursachte das Orkan-Tief *Kyrill* in Oberösterreich, Salzburg und Niederösterreich schwere Schäden und erreichte Böen mit bis zu 207 km/h (entspricht Beaufort- Grad 12), welche Bäume, Stromleitungen, Dächer und Verkehrsverbindungen zerstörten. In Krems wurde in Folge dessen Katastrophenalarm ausgerufen.

Am 21. Juni 2007 zog eine Gewitterfront mit Böen bis zu 123 km/h (entspricht Beaufort- Grad 12) über Wien, Niederösterreich, Oberösterreich und das Burgenland her. Ein Baukran stürzte ein und zahlreiche Bäume wurden entwurzelt. Es kam zu mehreren Toten und zahlreichen Verletzten.

Am 27. Jänner 2008 war vor allem die Steiermark und Kärnten vom Sturmtief *Paula* betroffen, welches, mit Spitzen von bis zu 145 km/h (entspricht Beaufort- Grad 12), zu massiven Schäden und tagelange Stromausfälle führte. 65 Gemeinden in der Steiermark wurden zum Katastrophengebiet erklärt und es kam zu Schäden in der Höhe von 50 Millionen Euro.

Von 29. Februar bis 2. März 2008 zog der Orkan *Emma* über Mitteleuropa und erreichte am 1. März in Krippenstein in Österreich Sturmspitzen von 236 km/h (entspricht Beaufort- Grad 12). Auch in Wien und Salzburg wurden Windspitzen von bis zu 140 km/h gemessen (entspricht Beaufort- Grad 12). Es kam zu schweren Schäden an Häusern und Straßen, zu großflächigen Stromausfällen und einem Stillstand des Bahnverkehrs. 4 Menschen starben in Österreich.

Mit bis zu 130 km/h (entspricht Beaufort- Grad 12) zog der Sturm *Niklas* am 31. März 2015 über Österreich es kam zu zahlreichen Schäden an Häusern und Dächern, entwurzelten und umgestürzten Bäumen, zu Einschränkungen im Bahnverkehr und im Bereich von Innsbruck-Land zu großflächigen Stromausfällen.

Risikomatrix

		Eintrittswahrscheinlichkeit				
		sehr niedrig	niedrig	mittel	hoch	sehr hoch
Schadenspotenzial	kritisch					
	katastrophal					
	hoch					
	gering					
	unbedeutend					

Abbildung 16- Risikomatrix für Sturm und Orkane in Österreich

Es kann zusammengefasst davon ausgegangen werden, dass es in Österreich alle zwei Jahre zu Sturmereignissen der Kategorie Beaufort X-XII kommt, welche theoretisch das Potenzial besitzen, Österreichs Trinkwasserversorgung im Sinne einer Kontamination (z.B.: durch damit einhergehende Starkniederschläge) zu beeinflussen. Aufgrund der Tatsache, dass über derartige Vorfälle allerdings bisher keine Berichte existieren und aufgrund der tatsächlich zu erwartenden Schäden kann jedoch davon ausgegangen werden, dass vielmehr eine Unterbrechung der Wasserversorgung (z.B.: aufgrund von strukturellen Schäden des Wasserleitungssystems) wahrscheinlich ist. Diese Szenarien fallen nichts desto trotz in den Intoleranzbereich und stellen demnach inakzeptable Risiken dar, welchen hinsichtlich Bewältigungsmaßnahmen höchste Priorität beigemessen werden muss.

Forschungshypothese 2- Desinfektionswirkung

Forschungsfrage 1- Relevante Erreger und Grenzwerte

In der Österreichischen Trinkwasserverordnung werden *E. coli*, *E. faecalis* und *P. aeruginosa* als Indikatorparameter für verunreinigtes Wasser herangezogen. Aus diesem Grund sollen die drei genannten Erreger auch in der vorliegenden Arbeit, auch stellvertretend für andere Kontaminationskeime, angewendet werden.

Hinsichtlich der mikrobiologischen Wasserqualität werden für *E. coli* und *E. faecalis* die Parameter für desinfiziertes Wasser der österreichischen Trinkwasserverordnung (TWV) Anhang I- Parameter und Parameterwerte, Teil A- Mikrobiologische Parameter gewählt (vgl. Tbl. 17).

Tabelle 17- Mikrobiologische Parameter für desinfiziertes Wasser gem. TWV

Für desinfiziertes Wasser	
Keim	Koloniebildende Einheiten (KBE)/250ml
<i>Escherichia coli</i> :	0
<i>Enterokokken</i> :	0

Hinsichtlich der Grenzwerte für *P. aeruginosa* und der Gesamtkoloniezahl werden in der vorliegenden Arbeit die Referenzwerte für Wasser, das in Flaschen oder sonstigen Behältnissen in Verkehr gebracht wird, am Punkt der Abfüllung, der österreichischen Trinkwasserverordnung (TWV) Anhang I- Parameter und Parameterwerte, Teil A- Mikrobiologische Parameter, herangezogen (vgl. Tbl. 18).

Tabelle 18- Mikrobiologische Parameter für Wasser, das in Flaschen oder sonstigen Behältnissen in Verkehr gebracht wird, am Punkt der Abfüllung gem. TWV

Für Wasser, das in Flaschen oder sonstigen Behältnissen in Verkehr gebracht wird, am Punkt der Abfüllung	
Keim	Koloniebildende Einheiten (KBE)/100ml
Koloniebildende Einheiten bei 22°C Bebrütungstemperatur	100
Koloniebildende Einheiten bei 37°C Bebrütungstemperatur:	20
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0

Forschungsfrage 2- Produktempfehlung der Österreichischen Apothekerkammer zur Wasserdesinfektion

Die Österreichische Apothekerkammer hat auf ihrer Internetseite (<https://www.apotheker.or.at>) Empfehlungen zur Trinkwasseraufbereitung für Reisende veröffentlicht. (vgl. Österreichisches Apothekerkammer, 2020)

Dabei wird auf die Methoden des Abkochens, des Filtrierens und der chemischen Desinfektion eingegangen.

Im Bereich der chemischen Desinfektion finden sich drei Produktempfehlungen (*Micropur Classic*®, *Micropur Forte*® und *Solutio Jodi Spirituosa*) wobei es sich bei ersteren beiden um Markennamen und bei letzterem um ein in Apotheken selbst hergestellte, ethanolhaltige Iod-Lösung mit Misch- und Dosierungsempfehlungen handelt (vgl. Tbl. 19). Eine entsprechenden Dosierungs- und Umrechnungsempfehlung ist dem Dokument der Österreichischen Apothekerkammer beigelegt.

Tabelle 19- Von der Österreichischen Apothekerkammer empfohlene Präparate zur Wasserdesinfektion auf Reisen und deren Hersteller

Name	Hersteller
<i>Micropur</i> ® <i>Classic MC 1T</i>	Fa. Katadyn
<i>Micropur forte</i> ® <i>MF 1T DCCNA</i>	Fa. Katadyn
<i>Solutio Jodi Spirituosa</i>	Diverse Hersteller

Forschungsfrage 3- Desinfektionswirkung

Zu jedem der oben genannten Präparate findet ein Laborversuch mit jeweils fünf Versuchsreihen statt. Eine entsprechende Auflistung findet sich in Tabelle 16.

Jedes der drei genannten Präparate soll zunächst kurz beschrieben und im Anschluss die Ergebnisse des Laborversuchs präsentiert werden.

Ein Ablauf der Laborversuchsreihe ist in Abb. 17 schematisch dargestellt.

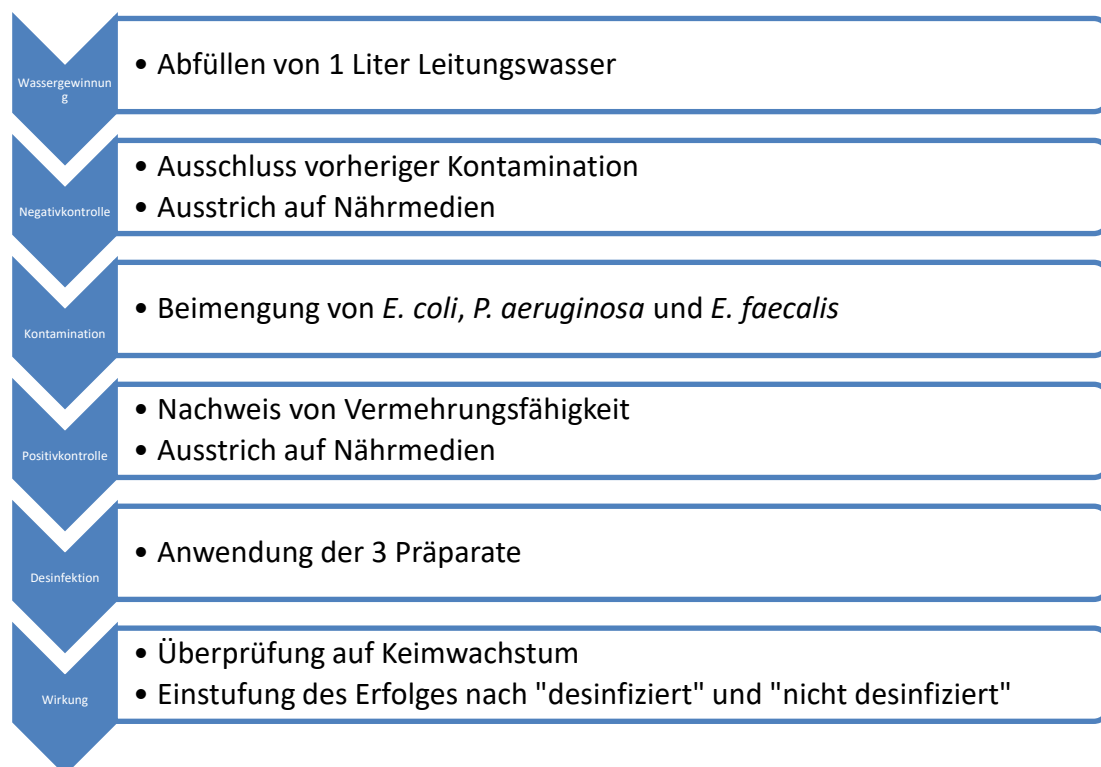


Abbildung 17- Ablauf der Laborversuchsreihe

Tabelle 20- Aufbau der drei Laborversuche und Probenbezeichnung

Laborversuch	Funktion	Versuchsreihe	Bezeichnung
1- <i>Micropur Classic®</i>	Negativkontrolle	1	1N1
		2	1N2
		3	1N3
		4	1N4
		5	1N5
	Positivkontrolle	1	1P1
		2	1P2
		3	1P3
		4	1P4
		5	1P5
	Testversuch	1	1T1
		2	1T2
		3	1T3
		4	1T4
		5	1T5
2- <i>Micropur Forte®</i>	Negativkontrolle	1	2N1
		2	2N2
		3	2N3
		4	2N4
		5	2N5
	Positivkontrolle	1	2P1
		2	2P2
		3	2P3
		4	2P4
		5	2P5
	Testversuch	1	2T1
		2	2T2
		3	2T3
		4	2T4
		5	2T5
3- <i>Solution Jodi Spirituosa</i>	Negativkontrolle	1	3N1

		2	3N2
		3	3N3
		4	3N4
		5	3N5
	Positivkontrolle	1	3P1
		2	3P2
		3	3P3
		4	3P4
		5	3P5
	Testversuch	1	3T1
		2	3T2
		3	3T3
		4	3T4
		5	3T5

Laborversuch 1- *Micropur Classic*® (Fa. Katadyn)

Beschreibung

Bei dem Produkt *Micropur Classic*® handelt es sich um ein chlorfreies Wasserkonservierungsmittel auf Silberbasis. Die dabei zur Anwendung kommenden Silberionen verhindern lt. Hersteller eine Wiederverkeimung von gelagertem Wasser bis zu sechs Monaten.

Geeignet ist dieses Produkt nur für klares Wasser. Trübes Wasser soll gemäß Herstellerangaben zunächst mit einem portablen Filter der Firma *Katadyn*® filtriert werden.

Auch weist das Produkt keine Wirkung auf Viren oder Protozoen (Amöben) auf. Von einer Lagerung des Wassers in Aluminiumbehältern wird abgeraten.

Im Unterschied zu den beiden anderen zur Testung stehenden Produkten wird bei *Micropur Classic*® von keiner Desinfektionswirkung, sondern lediglich von einer Konservierungswirkung ausgegangen. Daher: Es ist nur zur Anwendung bei bereits desinfizierten oder von Natur aus keimfreien Wasser gedacht. Von einer Wirkung bei kontaminierten Wasser ist daher nicht auszugehen.

Anwendung

Gemäß Packungsbeilage wird *Micropur Classic*® eine Tablette MC 1T in einem Liter bzw. eine Tablette MC 10T in zehn Liter Wasser aufgelöst und danach gut geschüttelt, damit sich der Wirkstoff im Wasser verteilen kann. Anschließend ist eine Einwirkzeit von zwei Stunden abzuwarten, bevor das Wasser zum Verzehr verwendet werden darf. Im folgenden Laborversuch kommt *Micropur Classic*® MC 1T zur Anwendung.

Wirkung im Laborversuch

Tabelle 21- Ergebnisse der Negativkontrollen bei Laborversuch 1 (*Micropur Classic*®)

Negativkontrolle (Wasser ohne Keimsuspension)	Ergebnis
1N1	Kein Wachstum von Keimen
1N2	Kein Wachstum von Keimen
1N3	Kein Wachstum von Keimen
1N4	Kein Wachstum von Keimen
1N5	Kein Wachstum von Keimen

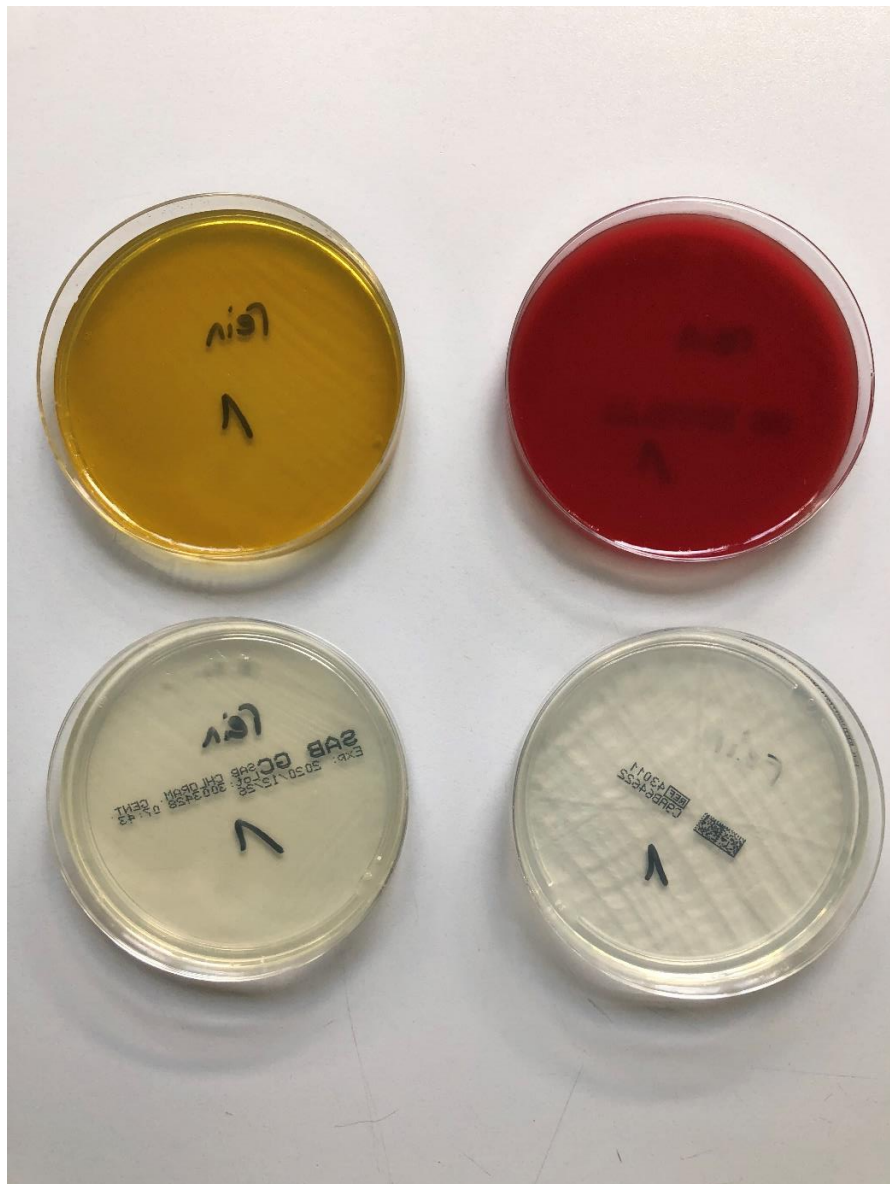


Abbildung 18- Negativkontrolle von Laborversuch 1, kein Keimwachstum sichtbar

Tabelle 22- Ergebnisse der Positivkontrollen bei Laborversuch 1 (*Micropur Classic*®)

Positivkontrolle (Wasser mit Keimsuspension vor Behandlung)	Ergebnis
1P1	Keimwachstum, 10^7 KBE/ml
1P2	Keimwachstum, 10^7 KBE/ml
1P3	Keimwachstum, 10^7 KBE/ml
1P4	Keimwachstum, 10^7 KBE/ml
1P5	Keimwachstum, 10^7 KBE/ml

Tabelle 23- Ergebnisse des Testversuchs bei Laborversuch 1 (*Micropur Classic*®)

Kontaminiertes Wasser nach Behandlung mit <i>Micropur Classic</i>®	Ergebnis
1T1	Wachstum, 10^7 KBE/ml
1T2	Wachstum, 10^7 KBE/ml
1T3	Wachstum, 10^7 KBE/ml
1T4	Wachstum, 10^7 KBE/ml
1T5	Wachstum, 10^7 KBE/ml

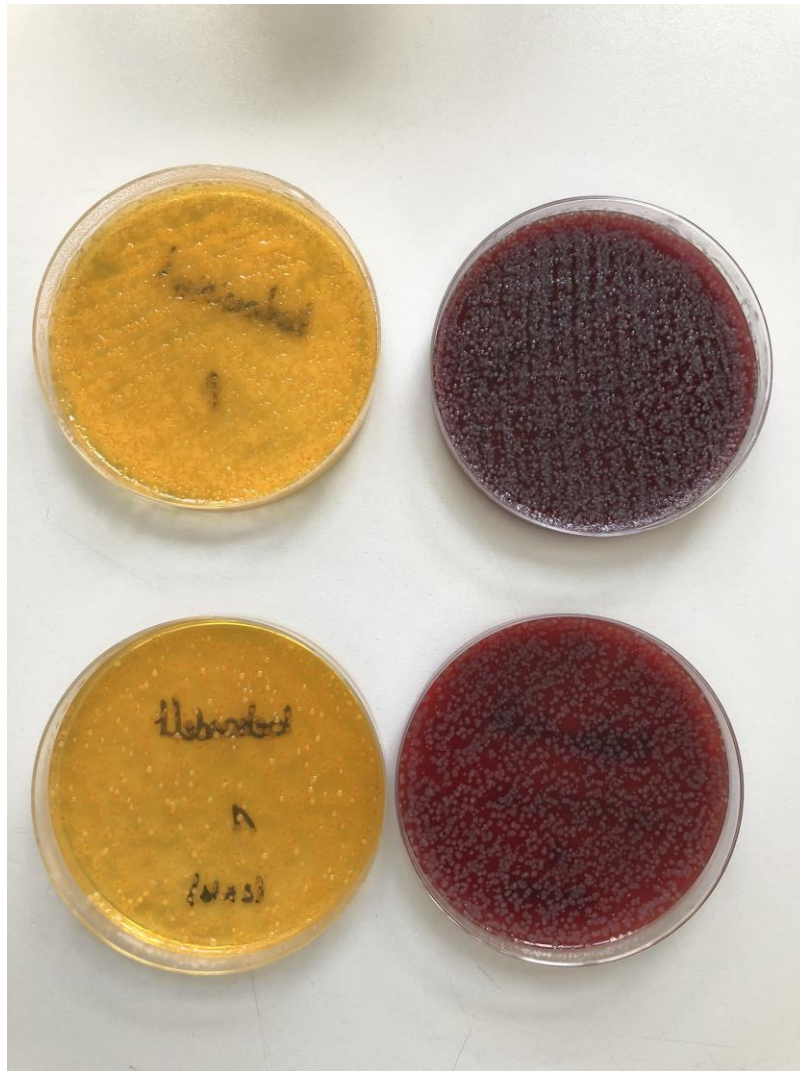


Abbildung 19- Keimwachstum vor Behandlung mit *Micropur Classic*® =Positivkontrolle (oben) und nach Behandlung (unten)

Beurteilung

Nach Anwendung von *Micropur Classic*® zeigte sich abermals ein Wachstum aller drei Testerreger im Ausmaß von 10^7 KBE/ml. Es kann daher von keiner Desinfektionswirkung ausgegangen werden.

Da es sich bei dem verwendeten Produkt um ein Präparat zur Konservierung von sauberem Wasser handelt, nicht allerdings um ein Wasserdeshinfektionsmittel, ist dieses Ergebnis als schlüssig zu beurteilen.

Laborversuch 2- *Micropur Forte*® (Fa. Katadyn)

Beschreibung

Bei dem Produkt *Micropur Forte Tabletten DCCNa*® handelt es sich um Tabletten, welche lt. Herstellerangaben zur *schnellen und wirkungsvollen Wasserdesinfektion* geeignet sind. Dabei kommt zusätzlich zu Silber (vgl. *Micropur Classic*®) auch Troclosennatrium zum Einsatz.

Bei Troclosennatrium handelt es sich um Natriumdichlorisocyanurat, daher das Natriumsalz der Dichlorisocyanursäure. Es ist wasserlöslich und kann das beinhaltende Chlor daher schnell abgeben. Bei dieser stattfindenden Hydrolyse kommt es im Wasser zur Bildung von hypochloriger Säure, welche oxidierende Wirkung besitzt. Durch diese Oxidation kommt es zu einer Störung der Zellfunktionen der Mikroorganismen. Das Präparat wirkt daher desinfizierend. Der Aktivchlorgehalt beträgt ca. 63%. Aufgrund dieser Eigenschaften eignet sich das Produkt zur sogenannten Stoßchlorung, bei der der Chlorgehalt im Wasser sehr schnell angehoben wird.

Gemäß dem technischen Datenblatt eliminiert das Produkt Bakterien und Viren in 30min, Amöben und *Giardia* in 120 Minuten und konserviert das Trinkwasser bis zu sechs Monate nach Anwendung. Außerdem sollen durch die Oxidationswirkung von Chlor auch Protozoen und Pilze eliminiert werden.

Empfohlen wird die Anwendung nur bei klarem, nicht aber bei trübem Wasser, da hier die Schwebestoffe die Wirkung von Chlor und Silberionen beeinträchtigen können. In diesem Fall wird die Vorschaltung eines Filters empfohlen.

So eignet sich das Produkt laut Hersteller zur Desinfektion von mikrobiologisch unsicherem Leitungs- und Quellwasser zum Trinken, Kochen oder Waschen sowie als Konservierungsmittel für Wasser unter anderem in Wassertanks, Wasserbädern, Kühlkreisläufen, Heizkreisläufen, Luftbefeuchtern, Zisternen und Inkubatoren. Bei sehr kaltem Wasser oder bei Verdacht auf *Giardia*-Zysten wird eine Einwirkzeit von zwei Stunden vor dem Verzehr empfohlen.

Anwendung

Gemäß Packungsbeilage wird eine *Micropur Forte*® DCCNa Tablette auf einen Liter klares Wasser dosiert und für zehn Minuten aufgelöst. Auf Schütteln folgen weitere 20 Minuten Einwirkzeit.

Wirkung im Laborversuch

Tabelle 24- Ergebnisse der Negativkontrollen bei Laborversuch 2 (Micropur Forte®)

Negativkontrolle (Wasser Keimsuspension)	ohne	Ergebnis
2N1		Kein Wachstum von Keimen
2N2		Kein Wachstum von Keimen
2N3		Kein Wachstum von Keimen
2N4		Kein Wachstum von Keimen
2N5		Kein Wachstum von Keimen

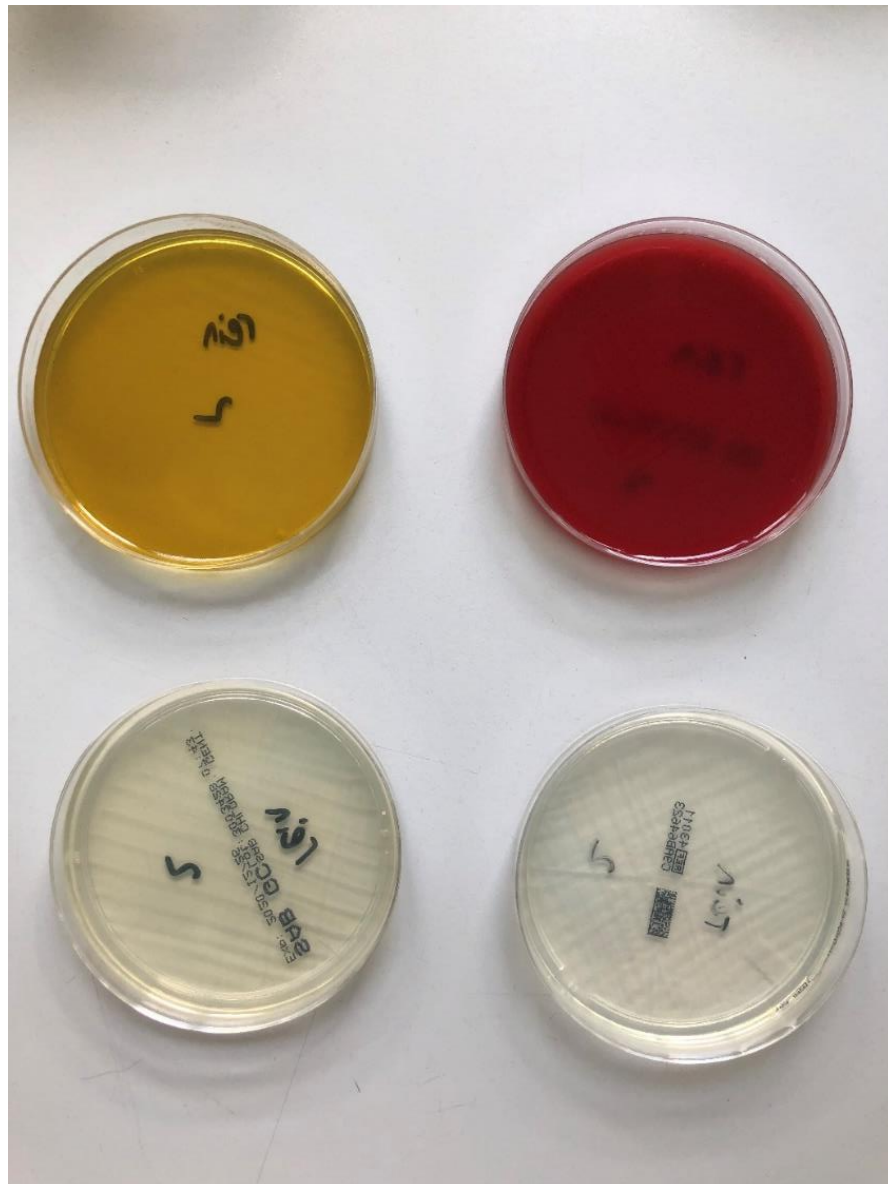


Abbildung 20- Negativkontrolle von Laborversuch 2, kein Keimwachstum sichtbar

Tabelle 25- Ergebnisse der Positivkontrollen bei Laborversuch 2 (*Micropur Forte*®)

Positivkontrolle (Wasser mit Keimsuspension vor Behandlung)	Ergebnis
2P1	Keimwachstum, 10 ⁷ KBE/ml
2P2	Keimwachstum, 10 ⁷ KBE/ml
2P3	Keimwachstum, 10 ⁷ KBE/ml
2P4	Keimwachstum, 10 ⁷ KBE/ml
2P5	Keimwachstum, 10 ⁷ KBE/ml

Tabelle 26- Ergebnisse des Testversuchs bei Laborversuch 2 (*Micropur Forte*®)

Kontaminiertes Wasser nach Behandlung mit <i>Micropur Forte</i>®	Ergebnis
2T1	Kein Wachstum von Keimen
2T2	Kein Wachstum von Keimen
2T3	Kein Wachstum von Keimen
2T4	Kein Wachstum von Keimen
2T5	Kein Wachstum von Keimen

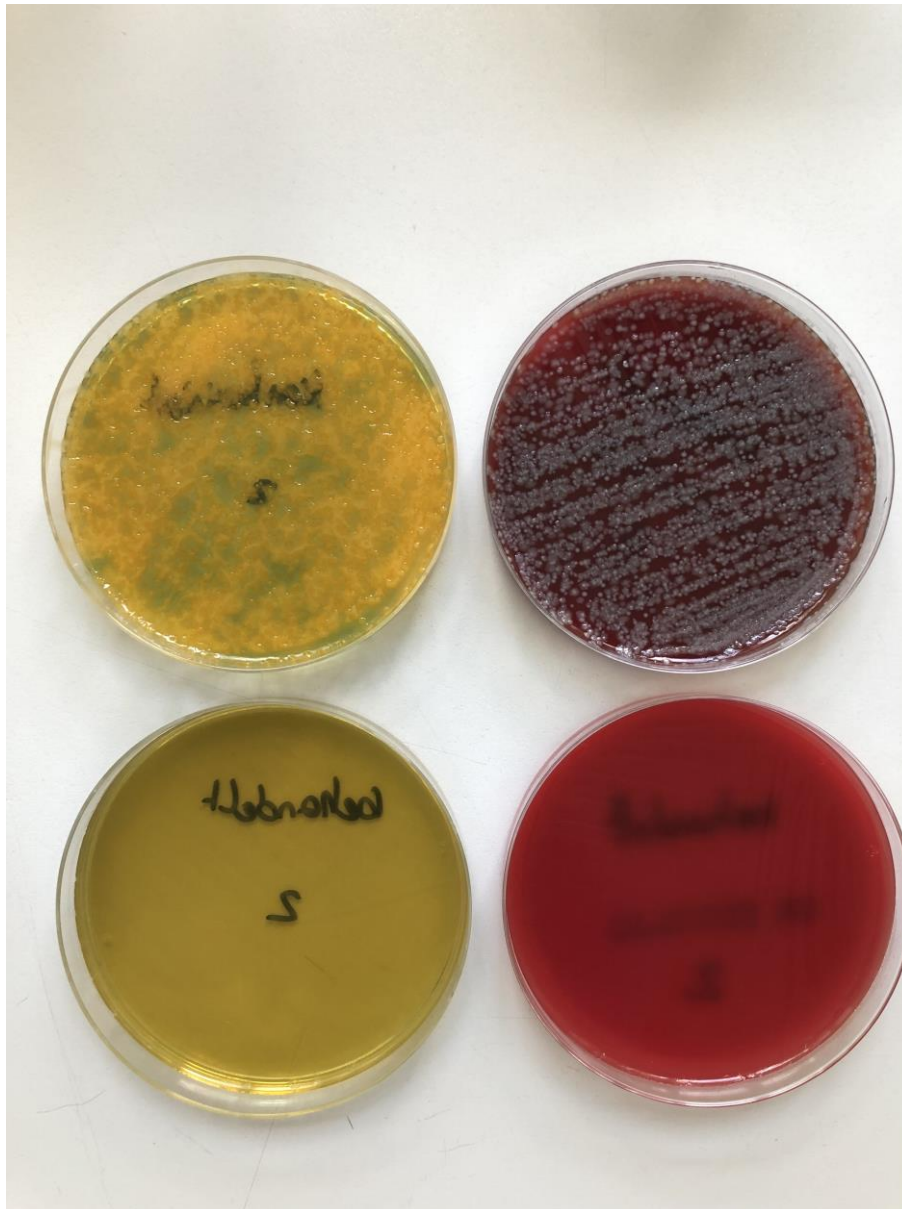


Abbildung 21- Keimwachstum vor Behandlung mit *Micropur Forte*® (oben), kein Keimwachstum nach Behandlung (unten)

Beurteilung

Nach Anwendung von *Micropur Forte*® bei kontaminiertem Wasser zeigte sich in keiner der Versuchsreihen ein Wachstum von Keimen. Es kann also von einer ausreichenden Desinfektionsleistung ausgegangen werden.

Laborversuch 3- *Solutio Jodi Spirituosa*

Beschreibung

Bei *Solutio Jodi Spirituosa* handelt es sich um eine Jodtinktur, welche gemäß dem Österreichischen Arzneibuch (ÖAB) einen Gesamtgehalt an Jod von 3,9 - 4,1% bzw. an freiem Jod von 2,8 – 3,0% beinhalten darf. (vgl. BASG, 2008)

Gemäß dem amerikanischen Center for Disease Control (CDC) besitzt Jod in der entsprechenden Dosierung eine ähnliche Aktivität gegen Bakterien und Viren wie Desinfektionsmittel auf Chlor-Basis und eignet sich daher auch zur Wasserdesinfektion. (vgl. CDC, 2020)

Da Jod überdosiert (über 500µg pro Tag) allerdings auch physiologische Aktivität besitzt (v.a. im Bereich der Schilddrüse) sollte die Anwendung von jodhaltigen Desinfektionsmitteln auf wenige Wochen beschränkt werden. (vgl. CDC, 2020)

Der Verzehr von mit Jod desinfizierten Trinkwasser ist für Personen mit Schilddrüsenerkrankungen oder bekannter Jod-Überempfindlichkeit (Allergie) generell nicht empfohlen.

Im Bereich von Wasserparasiten (*Cryptosporidien*, *Cyclosporen*) ist die Desinfektionswirkung von Jod auch bei längeren Einwirkzeiten begrenzt und die Anwendungsmöglichkeit dahingehend eingeschränkt.

Auch bei der Anwendung von Jod wird bei trübem Wasser zuvor ein Filtrationsverfahren empfohlen umso etwaige limitierende Effekte vorwegzunehmen. Dadurch kann auch auf erforderliche höhere Konzentrationen und Einwirkzeiten von Jod verzichtet werden. (vgl. Backer, Derlet, & Hill, 2019)

Anwendung

Gemäß der Österreichischen Apothekerkammer vernichtet Jod in einer Konzentration von 3 bis 5 ppm (=parts per million) die wichtigsten Krankheitserreger. Um diese Konzentration zu erhalten werden, entsprechend den Empfehlungen der Österreichischen Apothekerkammer, pro 250ml Wasser drei Tropfen Jodtinktur (*Solutio Jodi Spirituosa*) zugegeben, umgerührt und für mindestens 30 Minuten stehen gelassen. Bei sehr kaltem Wasser wird die Zugabe von bis zu fünf Tropfen pro 250ml Wasser empfohlen und dieses anschließend über mehrere Stunden stehen gelassen. Zu Dosierungszwecken empfiehlt sich die Anwendung einer Einmalpipette, welche allerdings nicht regulär im Lieferumfang enthalten ist.

Ein etwaiger Jod-Geschmack lässt sich durch die Zugabe einer Messerspitze Ascorbinsäure neutralisieren. (vgl. Österreichische Apothekerkammer, 2020)

Im hier folgenden Laborversuch wird darauf allerdings verzichtet.

Wirkung im Laborversuch

Tabelle 27- Ergebnisse der Negativkontrollen bei Laborversuch 3 (*Solutio Jodi Spirituosa*)

Negativkontrolle (Wasser ohne Keimsuspension)	Ergebnis
3N1	Kein Wachstum von Keimen
3N2	Kein Wachstum von Keimen
3N3	Kein Wachstum von Keimen
3N4	Kein Wachstum von Keimen
3N5	Kein Wachstum von Keimen

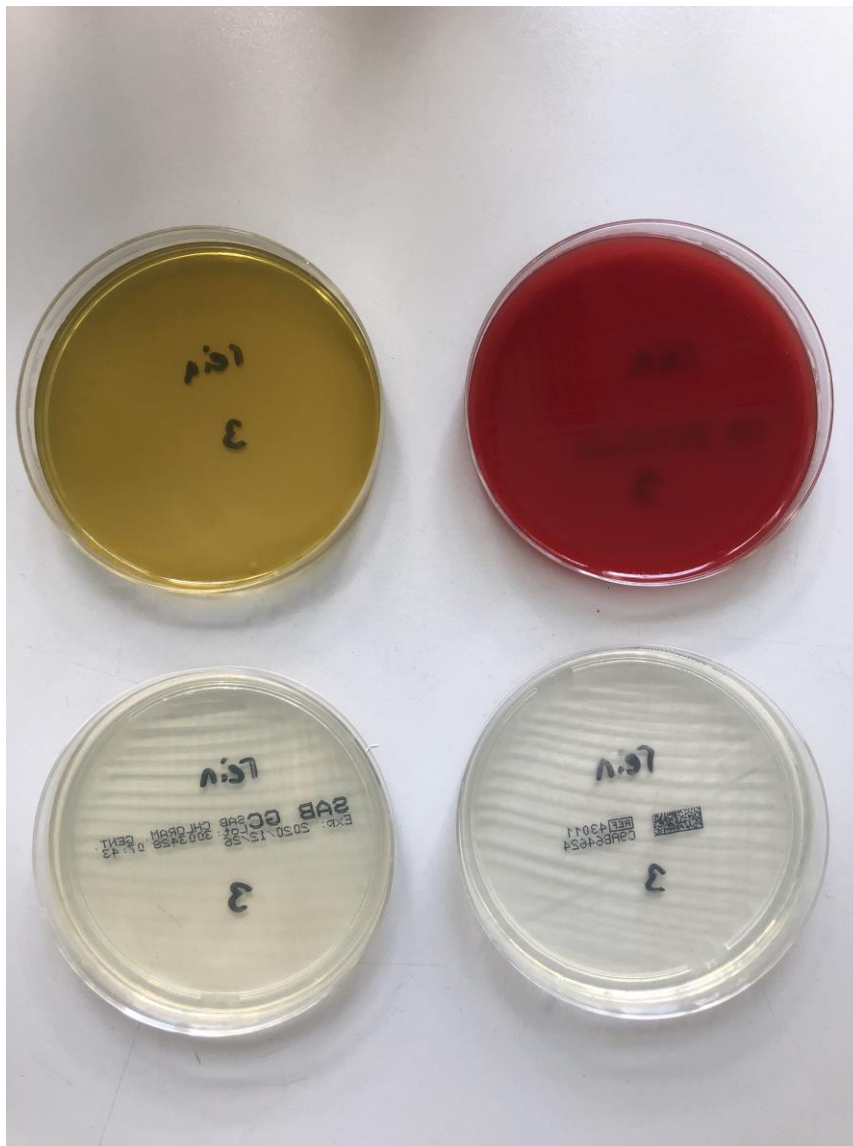


Abbildung 22- Negativkontrolle von Laborversuch 3, kein Keimwachstum sichtbar

Tabelle 28- Ergebnisse der Positivkontrollen bei Laborversuch 3 (*Solutio Jodi Spirituosa*)

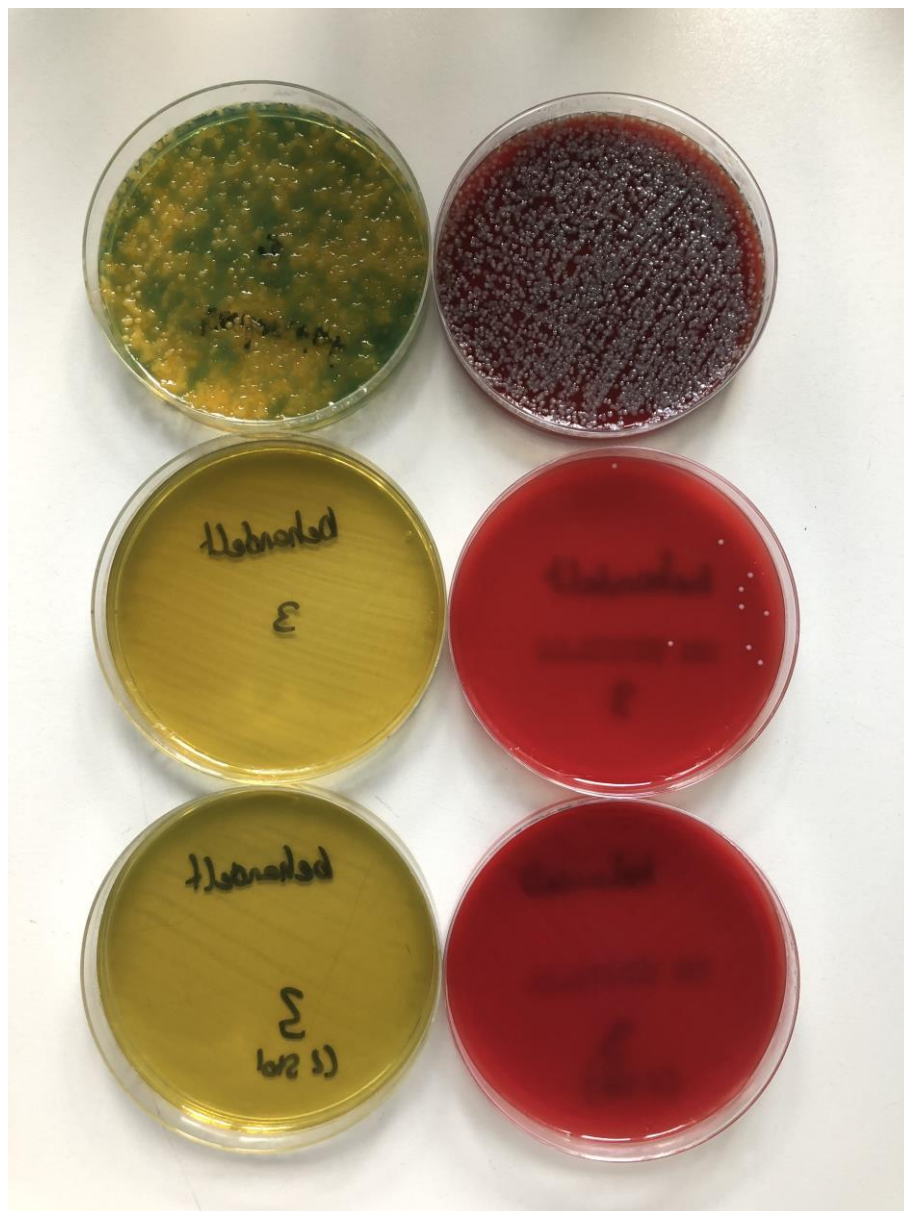
Positivkontrolle (Wasser mit Keimsuspension vor Behandlung)	Ergebnis
3P1	Keimwachstum, 10^7 KBE/ml
3P2	Keimwachstum, 10^7 KBE/ml
3P3	Keimwachstum, 10^7 KBE/ml
3P4	Keimwachstum, 10^7 KBE/ml
3P5	Keimwachstum, 10^7 KBE/ml

Tabelle 29- Ergebnisse des Testversuchs bei Laborversuch 3 (*Solutio Jodi Spirituosa*) nach 30 Minuten Einwirkzeit

Kontaminiertes Wasser nach Behandlung mit <i>Solutio Jodi Spirituosa</i> (30 Min. Einwirkzeit)	Ergebnis
3T1	Wachstum von <i>E. faecalis</i> , 10^3 KBE/ml nach 30 Minuten Einwirkzeit, kein Wachstum von Keimen nach 2 Stunden Einwirkzeit
3T2	Wachstum von <i>E. faecalis</i> , 10^3 KBE/ml nach 30 Minuten Einwirkzeit, kein Wachstum von Keimen nach 2 Stunden Einwirkzeit
3T3	Wachstum von <i>E. faecalis</i> , 10^3 KBE/ml nach 30 Minuten Einwirkzeit, kein Wachstum von Keimen nach 2 Stunden Einwirkzeit
3T4	Wachstum von <i>E. faecalis</i> , 10^3 KBE/ml nach 30 Minuten Einwirkzeit, kein Wachstum von Keimen nach 2 Stunden Einwirkzeit
3T5	Wachstum von <i>E. faecalis</i> , 10^3 KBE/ml nach 30 Minuten Einwirkzeit, kein Wachstum von Keimen nach 2 Stunden Einwirkzeit

Tabelle 30- Ergebnisse des Testversuchs bei Laborversuch 3 (*Solutio Jodi Spirituosa*) nach 2 Stunden Einwirkzeit

Kontaminiertes Wasser nach Behandlung mit <i>Solutio Jodi Spirituosa</i> (2 Stunden Einwirkzeit)	Ergebnis
3T1	Kein Wachstum von Keimen
3T2	Kein Wachstum von Keimen
3T3	Kein Wachstum von Keimen
3T4	Kein Wachstum von Keimen
3T5	Kein Wachstum von Keimen

Abbildung 23- Keimwachstum vor Behandlung mit *Solutio Jodi Spirituosa* (oben), Keimreduktion nach 30 Minuten Einwirkzeit (Mitte) und kein Keimwachstum nach 2 Stunden Einwirkzeit (unten).

Beurteilung

Nach 30 Minuten Einwirkzeit zeigte sich in allen fünf Versuchsreihen noch leichtes Wachstum von *E. faecalis* im Ausmaß von 10^3 KBE/ml. Das entspricht einer Reduktion der Keimbelastung um vier log-Stufen. Es ist bei dieser Einwirkzeit von keiner ausreichenden Desinfektionsleistung auszugehen. Die mikrobiologische Beschaffenheit des Wassers würde nicht den Parametern der Trinkwasserverordnung entsprechen.

Aus diesem Grund wurde die Einwirkzeit entsprechend der Einwirkzeit von *Micropur Classic*® um 1,5 Stunden auf insgesamt zwei Stunden verlängert.

Nach zwei Stunden Gesamteinwirkzeit zeigte sich kein Keimwachstum mehr auf allen Agarplatten. In diesem Fall ist nun also von einer ausreichenden Desinfektionswirkung bei verlängerter Einwirkzeit auszugehen.

Ergebnisübersicht

In der folgenden Tabelle werden übersichtshalber nochmals alle Ergebnisse der drei Testversuche aus Laborversuch 1, 2 und 3, wiedergegeben.

Testversuche

Tabelle 31- Übersicht der Testversuche aus den Laborversuchen 1, 2 und 3

Übersicht			
Präparat	Versuchsreihe	Unbehandelt	Behandelt
Laborversuch 1 (<i>Micropur Classic®</i>)	1	Wachstum	Wachstum
	2	Wachstum	Wachstum
	3	Wachstum	Wachstum
	4	Wachstum	Wachstum
	5	Wachstum	Wachstum
Laborversuch 2 (<i>Micropur Forte®</i>)	1	Wachstum	Kein Wachstum
	2	Wachstum	Kein Wachstum
	3	Wachstum	Kein Wachstum
	4	Wachstum	Kein Wachstum
	5	Wachstum	Kein Wachstum
Laborversuch 3 (<i>Solutio Jodi Spirituosa</i>)	1	Wachstum	Wachstum nach 30min Kein Wachstum nach 2 Stunden
	2	Wachstum	Wachstum nach 30min Kein Wachstum nach 2 Stunden
	3	Wachstum	Wachstum nach 30min Kein Wachstum nach 2 Stunden
	4	Wachstum	Wachstum nach 30min Kein Wachstum nach 2 Stunden
	5	Wachstum	Wachstum nach 30min Kein Wachstum nach 2 Stunden

Anwendungsbereich

Die folgende Tabelle enthält die im Rahmen des Laborversuchs erhobenen Informationen zu Zeitaufwand und Kosten sowie zusätzliche Anmerkungen zu den drei angewendeten Präparaten:

Tabelle 32- Daten zur Anwendung der drei getesteten Präparate

Produkt	Zeitaufwand	Kosten	Anmerkungen
<i>Micropur Classic®</i>	2 Stunden	19,95€/100Stk	Einfach anzuwenden
<i>Micropur Forte®</i>	30 Minuten	19,95€/100Stk	Einfach anzuwenden, Chlorgeruch
<i>Solutio Jodi Spirituosa</i>	30 Minuten	15,81€/100g	Dosierung (12 Tropfen) ohne Hilfsmittel schwierig Empfehlung: Einmalpipette

5. Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

Im Nachfolgenden Teil sollen die im Rahmen dieser Arbeit erhobenen Daten und Erkenntnisse diskutiert werden und daraus Schlussfolgerungen gezogen werden.

Die zuvor aufgestellten Hypothesen sollen einer kritischen wissenschaftlichen Prüfung unterzogen werden und die assoziierten Forschungsfragen mit den nun zur Verfügung stehenden Daten beantwortet werden.

Risikoanalyse

Es konnte gezeigt werden, dass bestimmten Naturkatastrophen in Österreich Relevanz im Bereich der Trinkwasserkontamination beigemessen werden kann. Nach Auswertung und Analyse bereits stattgefundenen Ereignisse konnte gezeigt werden, dass die genannten Naturgefahren mitunter auch katastrophale Ausmaße erreichen können und das Potenzial haben, ab einer gewissen Stärke auf die nationale Trinkwasserversorgung einzuwirken.

Die Risikoanalyse für Erdbeben in Österreich hat gezeigt, dass Erdbeben der Stärke VIII oder höher (nach Mercalli-Sieberg) zu einer Kontamination von Trinkwasser führen können. Nach Durchsicht und Auswertung der Erdbebenchronik in Österreich konnte festgestellt werden, dass Erdbeben in diesem Ausmaß statistisch gesehen alle 26 Jahre auftreten. Das Risiko für eine Kontamination des Trinkwassers durch ein Beben dieser Stärke ist also als mittel bis hoch einzustufen.

Auch Hochwässer und Überflutungen treten in Österreich in unregelmäßigen Abständen auf. Diese können unabhängig der Wassermassen zu Kontamination von Grundwasser führen. Ein Rückblick auf vergangene Flutkatastrophen in Österreich hat gezeigt, dass je nach Ausmaß nur kleine Teile oder aber auch große Flächen betroffen sein können. Das Risiko für eine Kontamination des Trinkwassers durch Hochwässer der Kategorie HQ30 ist gemäß der aufgestellten Risikomatrix als mittel bis hoch, das Risiko für Hochwässer der Kategorie HQ 100 als mittel und für Hochwässer der Kategorie HQ300 als niedrig einzustufen.

Auch Stürme und Orkane richten in Österreich jährlich schwere Schäden an. Ab einer Stärke von 10 kann es gemäß Beaufort- Skala zu größeren Schäden kommen, welche auch eine Kontamination des Trinkwassers nach sich ziehen können. Eine tatsächliche Kontamination von Trinkwasser ist allerdings als unwahrscheinlich einzustufen, jedoch können durch den Sturm verursachte Schäden die Trinkwasserversorgung zum Erliegen bringen. In diesem Fall muss auf alternative Wasserquellen zurückgegriffen werden.

Nach Analyse vergangener Ereignisse konnte gezeigt werden, dass derartige Stürme im Schnitt alle zwei Jahre in Österreich auftreten. Das Risiko einer Unterbrechung der Trinkwasserversorgung durch Sturm und Orkan mit anschließender Nutzung alternativer Wasserquellen muss also als hoch bis sehr hoch eingeschätzt werden.

Auch weitere Katastrophen wie beispielsweise Lawinen, Murenabgänge und Rutschungen oder Waldbrand, aber auch gezielte Attacken wie etwa mit terroristischem Hintergrund können in Österreich auf die Trinkwasserversorgung einwirken, sollen aber im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter behandelt werden.

Zusammengefasst kann also geschlossen werden, dass in Österreich sowohl das Risiko einer Kontamination des Trinkwassers durch Naturkatastrophen als auch das Risiko einer Unterbrechung der Wasserversorgung durch Naturgefahren (Sturm und Orkan) besteht und dass dieses Risiko, je nach Ereignis, als niedrig bis sehr hoch einzuschätzen ist (vgl. Abb. 24). Eine entsprechende Desinfektion des kontaminierten Wassers bzw. auch die Desinfektion von Wasser aus alternativen Wasserquellen (Oberflächenwasser, Hausbrunnen, etc.) im Rahmen eines Versorgungsstillstandes kann in diesen Szenarien also zielführend sein.

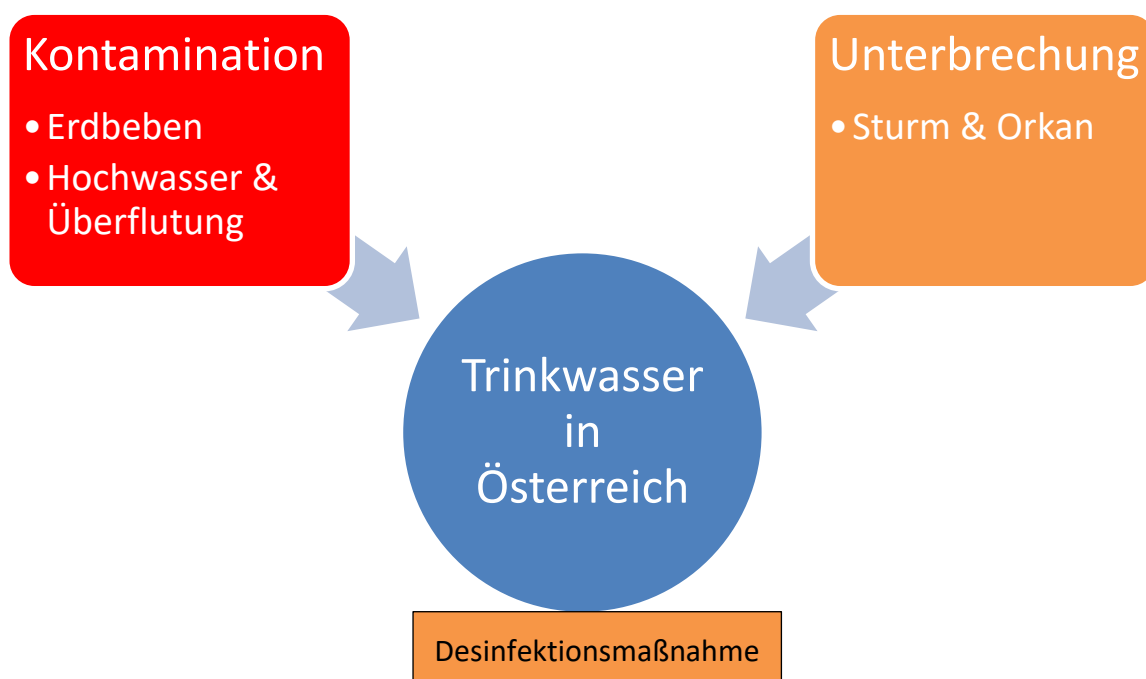


Abbildung 24- Art und Weise wie Naturgefahren in Österreich auf die Trinkwasserversorgung einwirken können und anschließende Bewältigungsmaßnahmen (Desinfektion)

Desinfektionswirkung

Alle drei von der Österreichischen Apothekerkammer empfohlenen Präparate zur Wasserdesinfektion auf Reisen sind einfach und ohne spezielle Anforderungen (z.B.: Medikamentenrezept) über österreichische Apotheken zu beziehen, ggf. allerdings unter Vorbestellung.

Die Anwendung der Präparate ist einfach und kann gemäß Packungsbeilage durchgeführt werden. Im Fall der Jod-Tinktur empfiehlt sich die korrekte Dosierung mittels Einmalpipette, welche über den Fachhandel bezogen werden kann, da es ansonsten leicht zu einer Überdosierung kommen kann.

Im Laborversuch zeigten die drei angewendeten Präparate unterschiedliche Desinfektionsleistung.

Micropur Classic®

Bei dem Präparat *Micropur Classic®* handelt es sich gemäß Herstellerangaben um ein reines Konservierungsmittel auf Silberionen-Basis. Auch im Laborversuch konnten die zugesetzten Erreger in einer Konzentration von 10^7 KBE/ml nicht ausreichend abgetötet werden. So war auch noch nach zwei Stunden Einwirkzeit ein Keimwachstum im selben Ausmaß (10^7 KBE/ml) nachweisbar (vgl. Abb. 25).

Bei dem vorliegenden Produkt ist also von keiner Desinfektionswirkung auszugehen (vgl. Tbl 32), allerdings kann *Micropur Classic®* zur Konservierung von sauberem Trinkwasser herangezogen werden, um dessen Haltbarkeit zu verlängern und vor einer Wiederverkeimung zu schützen. Ein entsprechender Laborversuch ist allerdings nicht Teil dieser Arbeit und soll daher auch nicht weiter erläutert werden.

Tabelle 33- Desinfektionswirkung gemessen an der Keimbelastung (KBE/ml) im Vergleich vor und nach Behandlung mit *Micropur Classic®*

Zeitpunkt	Keimbelastung	Desinfektionswirkung
Vor Desinfektion	10^7 KBE/ml	0%
Nach 2 Stunden Einwirkzeit	10^7 KBE/ml	0%

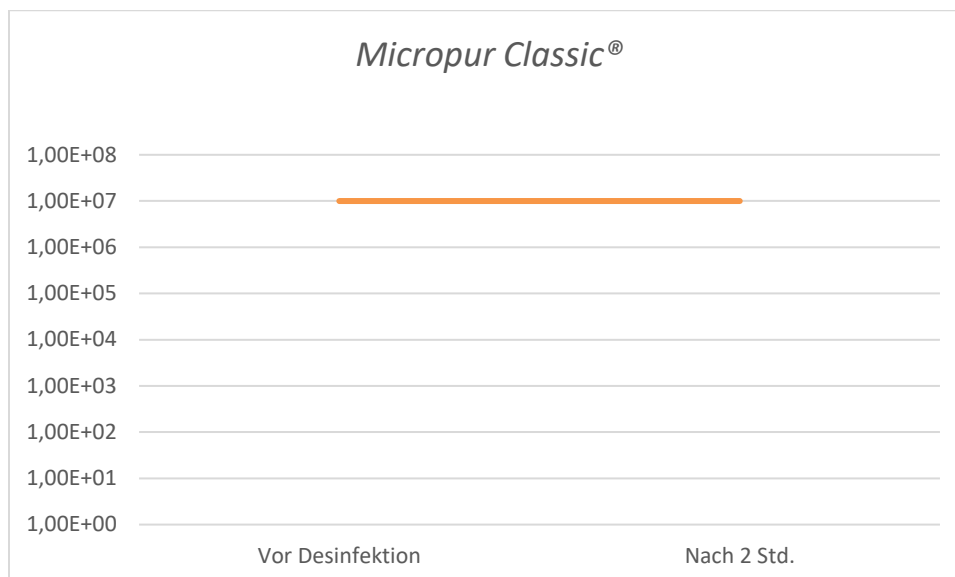


Abbildung 25- Logarithmische Darstellung der Desinfektionswirkung von *Micropur Classic®* auf kontaminiertes Wasser

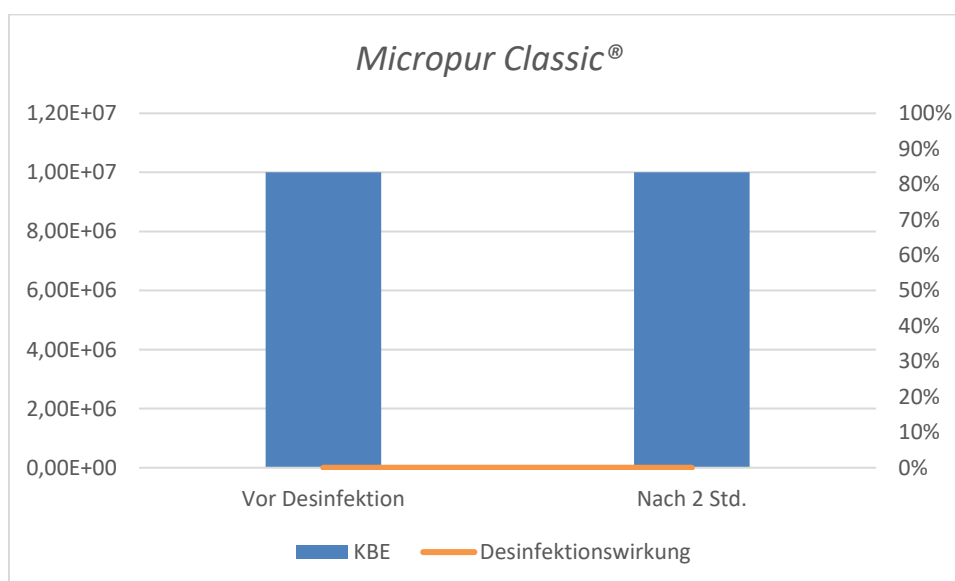


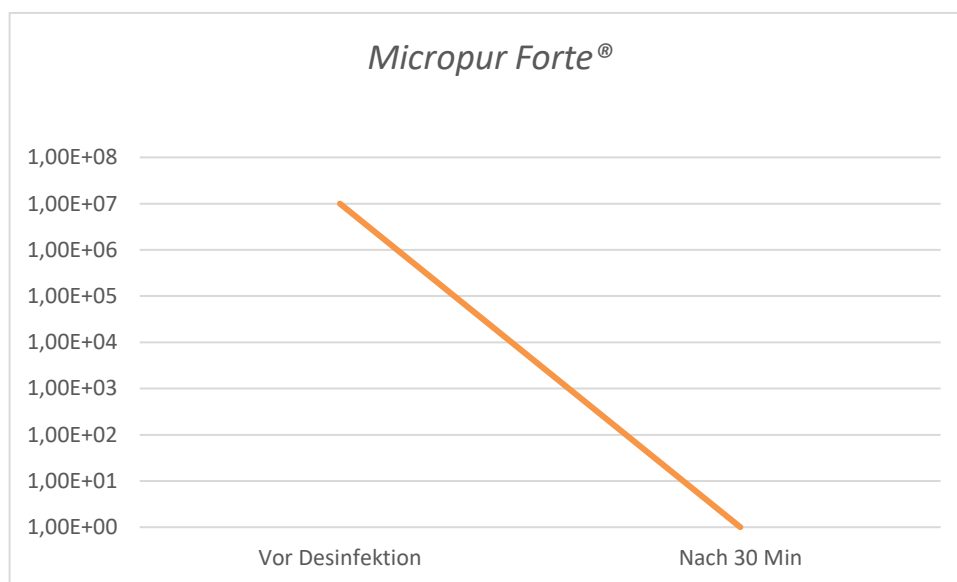
Abbildung 26- Keine Desinfektionswirkung (0%) von *Micropur Classic®* gemessen an der Keimzahl (KBE) vor und nach Behandlung

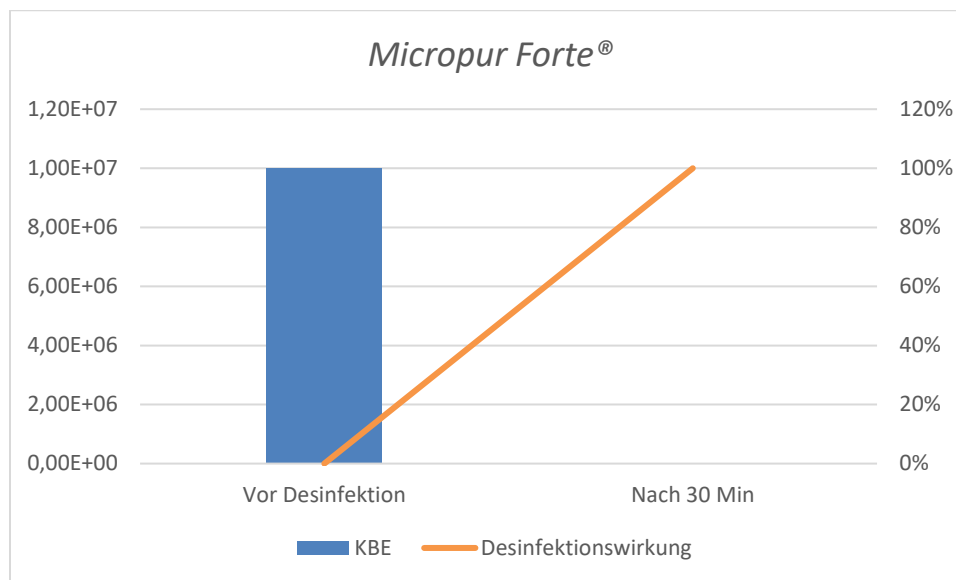
Micropur Forte®

Bei dem Präparat *Micropur Forte®* handelt es sich um ein Wasserdessinfektionskit auf Chlor-/Silberbasis. Im Laborversuch konnten die zugesetzten Erreger in einer Konzentration von 10^7 KBE/ml zur Gänze abgetötet werden. Bereits nach 30 Minuten Einwirkzeit waren keine Erreger im Wasser mehr nachweisbar (vgl. Abb. 27). Es erfolgte daher keine weitere Testung nach zwei Stunden Einwirkzeit, da bereits zu diesem Zeitpunkt von einer Keimfreiheit ausgegangen werden konnte. Die Desinfektionswirkung kann demnach als ausreichend betrachtet werden (vgl. Tbl. 34). Auffallend war lediglich ein deutlich wahrnehmbarer Chlorgeruch des Wassers. Dieser kann allerdings laut Hersteller nach Zusatz eines weiteren Präparats (*Micropur Antichlor®*) eliminiert werden. Die Anwendung von *Micropur Forte®* zur Wasserdessinfektion kann also ausdrücklich empfohlen werden.

Tabelle 34- Desinfektionswirkung gemessen an der Keimbelastung (KBE/ml) im Vergleich vor und nach Behandlung mit *Micropur Forte®*

Zeitpunkt	Keimbelastung	Desinfektionswirkung
Vor Desinfektion	10^7 KBE/ml	0%
Nach 30 Minuten Einwirkzeit	0 KBE/ml	100%

Abbildung 27- Logarithmische Darstellung der Desinfektionswirkung von *Micropur Forte®* auf kontaminiertes Wasser

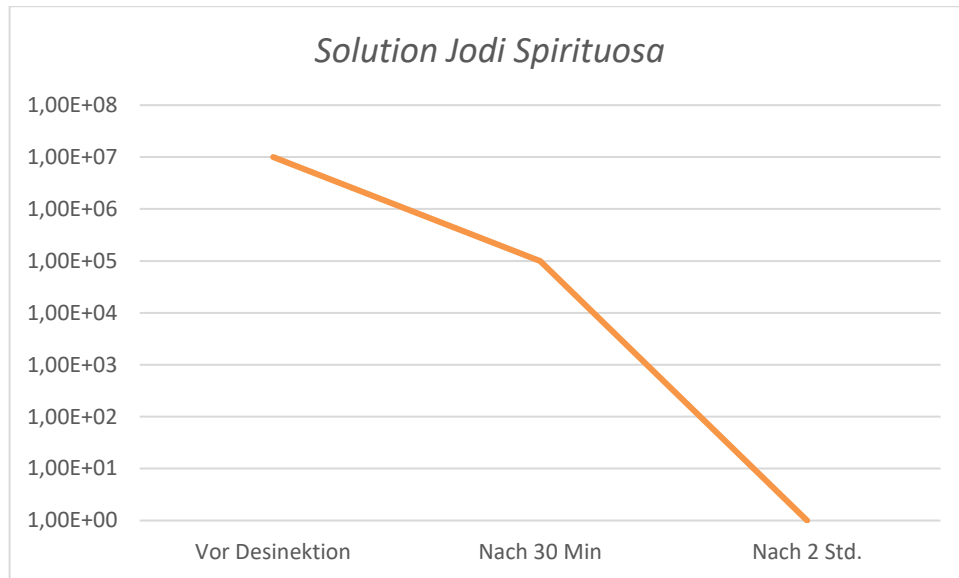
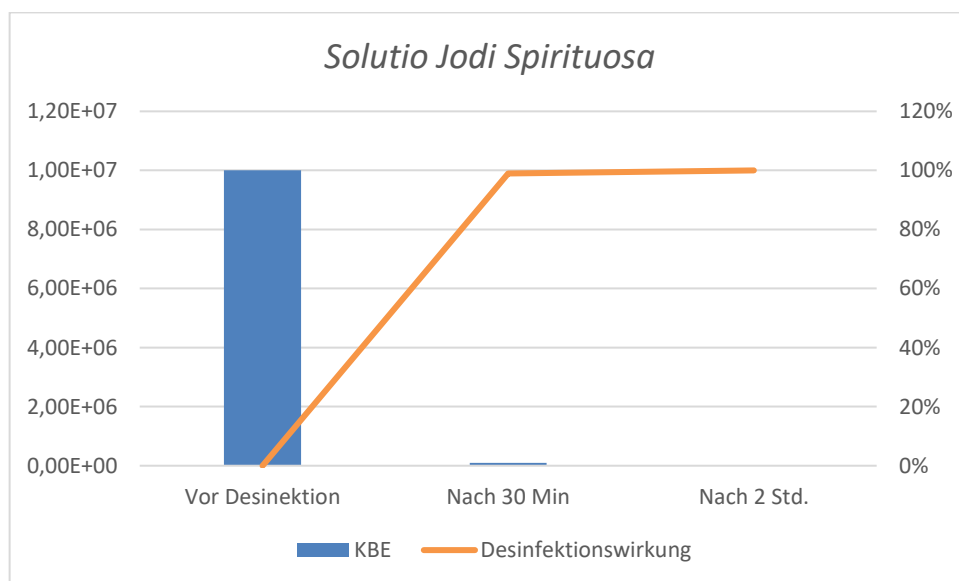
Abbildung 28- Desinfektionswirkung (100%) von *Micropur Forte®* gemessen an der Keimzahl (KBE) vor und nach Behandlung

Solutio Jodi Spirituosa

Der Laborversuch mit Jod-Tinktur (*Solutio Jodi Spirituosa*) zeigte ein ambivalentes Ergebnis. Bereits die korrekte Dosierung (zwölf Tropfen pro Liter Wasser) fällt aufgrund des Flaschenhalsverschlusses ohne weitere Hilfsmittel schwer. Eine gute Möglichkeit stellt hier eine Einmalpipette dar. Die Desinfektionswirkung nach 30 Minuten, wie sie von der Österreichischen Apothekerkammer empfohlen wird, konnte keine ausreichend zufriedenstellenden Ergebnisse erzielen. Zwar kam es zu einer deutlichen Reduktion der Keimzahl um 2 log-Stufen (99%) auf 10^5 KBE/ml, allerdings waren nach wie vor Erreger nachweisbar und das Wasser daher potenziell kontagiös und nicht zum Verzehr geeignet (vgl. Abb. 29). Nach einer verlängerten Einwirkzeit von insgesamt zwei Stunden konnten alle Erreger zur Gänze abgetötet werden und die Desinfektionswirkung in diesem Fall als zufriedenstellend beurteilt werden (vgl. Tbl. 35). Es erfolgten danach keine weiteren Testungen, da zu diesem Zeitpunkt von einer Keimfreiheit des Wassers ausgegangen werden konnte. Die Empfehlung zur Anwendung von *Solutio Jodi Spirituosa* zur Wasserdeshinfektion kann also mit der Einschränkung ausgesprochen werden, dass die Einwirkzeit von den empfohlenen 30 Minuten auf 2 Stunden verlängert wird.

Tabelle 35- Desinfektionswirkung gemessen an der Keimbelastung (KBE/ml) im Vergleich vor und nach Behandlung mit *Solutio Jodi Spirituosa*

Zeitpunkt	Keimbelastung	Desinfektionswirkung
Vor Desinfektion	10^7 KBE/ml	0%
Nach 30 Minuten Einwirkzeit	10^5 KBE/ml	99%
Nach 2 Stunden Einwirkzeit	0 KBE/ml	100%

Abbildung 29- Abbildung 25- Desinfektionswirkung von *Solutio Jodi Spirituosa* auf kontaminiertes WasserAbbildung 30- Desinfektionswirkung von *Solutio Jodi Spirituosa* gemessen an der Keimzahl (KBE) vor, nach 30 Minuten Behandlung (99%) und nach 2 Stunden Behandlung (100%)

Vergleich der drei getesteten Präparate

In Zusammenschau dieser erhobenen Daten kann also die Anwendung von *Micropur Classic*® Tabletten zur Desinfektion von kontaminierten Trinkwasser nicht empfohlen werden.

Die beiden weiteren Präparate zeigten, nach unterschiedlicher Einwirkzeit, beide ausreichende Desinfektionswirkung. Im direkten Vergleich kann allerdings ein klarer Vorteil von *Micropur Forte*® Tabletten gegenüber *Solutio Jodi spirituosa* attestiert werden, welcher sich vor allem auf die einfache Anwendung und Dosierung ohne jegliche Hilfsmittel und die verkürzte Einwirkzeit zurückführen lässt (vgl. Abb. 31).

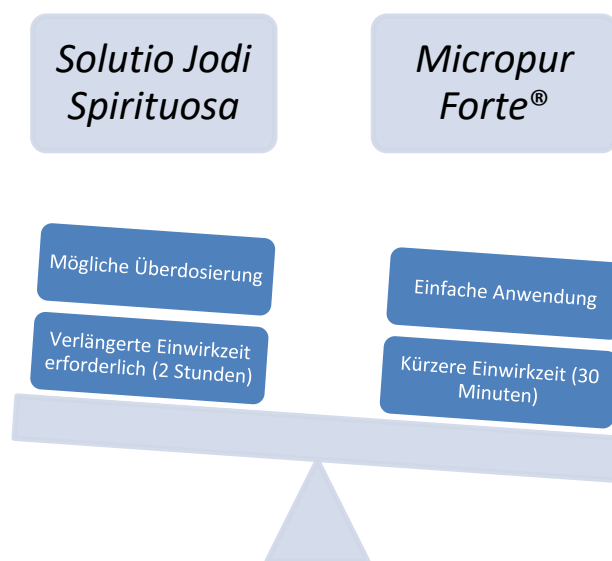


Abbildung 31- Vergleich von *Solutio Jodi Spirituosa* und *Micropur Forte*® hinsichtlich ihrer Eignung zur Wasserdesinfektion

Einsatz von Präparaten zur Wasserdesinfektion im Katastrophenfall

Die vorliegende Arbeit konnte zeigen, dass sowohl Erdbeben und Hochwässer, als auch Stürme und Orkane in Österreich auf das Trinkwasserversorgungssystem einwirken können und im Falle von Erdbeben und Hochwässern auch zu einer Kontamination des Trinkwassers führen können.

Weiters wurden im Rahmen einer Laborversuchsreihe drei Präparate zur Wasserdesinfektion auf ihre Effizienz hin getestet und es konnte gezeigt werden, dass zwei Produkte das Potenzial haben, ein mit Erregern versuchtes Wasser ausreichend zu desinfizieren, wobei sich hier das auf der Wirkung von Chlor basierende Produkt (*Micropur Forte*®) als vorteilhafter zeigte.

Daraus kann geschlossen werden, dass vor allem *Micropur Forte*®, aber auch *Solutio Jodi Spirituosa* sowohl bei Erdbeben, als auch bei Hochwässern dazu eingesetzt werden kann, um kontaminiertes Trinkwasser sicher zu desinfizieren und somit eine (eingeschränkte) Trinkwasserversorgung bis zur Sanierung der Ursache ermöglicht.

Im Falle der Unterbrechung der Wasserversorgung, z.B.: im Rahmen von Sturm und Orkan, können beiden Präparate ebenso eingesetzt werden, um Wasser aus alternativen Wasserquellen (vgl. Kapitel „Alternative Wasserquellen“), über dessen mikrobiologische Beschaffenheit zumeist keine Informationen vorliegen, zu desinfizieren und ebenso im Rahmen einer Notversorgung als Trinkwasser brauchbar zu machen.

Das Schadenspotenzial kann durch diese Maßnahmen daher, bei gleichbleibender Eintrittswahrscheinlichkeit, deutlich gesenkt werden und der Einfluss von den genannten Naturgefahren auf die Trinkwasserversorgung dadurch abgesenkt werden (vgl. Abb. 32).

Internationaler Vergleich

In einer Studie aus dem Jahr 2007, welche sich mit dem Folgen des Hurrikane Rita auf die Trinkwasserversorgung von Louisiana beschäftigt, konnte gezeigt werden, dass zwar ein Großteil (80%) der von Katastrophen betroffenen Bevölkerung das Abkochen von potenziell kontaminiertem Wasser als Desinfektionsmethode geläufig war, aber nur 27% mit Chlorung, nur 25% mit Filtration und sogar nur 4% mit der Anwendung von Jod zu Desinfektionszwecken von Wasser vertraut waren. Die korrekte Chlor-Dosierung konnten nur 2% der Befragten nennen. Zudem konnte gezeigt werden, dass das Abkochen in diesem speziellen Szenario oftmals aufgrund von Störungen in der Stromversorgung nicht möglich war und die Chlorung von Wasser hier eine essentielle Alternativmethode darstellte. (vgl. Ram, Blanton, Klinghoffer, & Platek, 2007)

Diese Tatsache untermauert die Wichtigkeit von nationalen Empfehlungen und Guidelines zur Wasserdesinfektion im Katastrophenfall für die Allgemeinbevölkerung. Die Bevölkerung sollte bereits in der Phase der Prävention und Vorbereitung auf Alternativmethoden zum Abkochen von Wasser, sofern dieses nicht möglich ist und korrekte Anwendung derselben Methoden (Dosierung) aufgeklärt und unterrichtet werden.

Auch andere Autoren, wie etwa McCann et al. empfehlen die Verteilung von und öffentliche Schulungen im Umgang mit Chlortabletten für den Fall der Katastrophenbewältigung sowie deren Lagerung im Rahmen der Katastrophenvorsorge. (vgl. McCann, Moore, & Walker, 2011) Zudem konnte gezeigt werden, dass die Anwendung von Chlor zur Wasserdesinfektion in Privathaushalten dem Abkochen von Wasser oftmals überlegen ist. (vgl. Gupta, et al., 2007)

In einem Literaturreview aus dem Jahr 2017 konnten aus 106 Dokumenten insgesamt 32 Dokumente zu Chlorierungsprogrammen in Katastrophenfälle zusammengetragen werden. 17 davon befassten sich mit der Anwendung von Chlor zur Wasserdesinfektion in privaten Haushalten, unter anderem nach Erdbeben, Überflutungen und Zyklonen. Als Vorteile dieser Methode wurden die globale Verfügbarkeit entsprechender Produkte, die Leichtigkeit der Verteilung und die Möglichkeit zum Weiterführen der Anwendung, auch über die Katastrophenbewältigung hinaus, bis hin zur Phase des Wiederaufbaus, identifiziert. (vgl. Branz, et al., 2017)

Als immer wieder auftretende Nachteile zeigten sich eine mangelhafte Akzeptanz in der betroffenen Bevölkerung, die Notwendigkeit einer entsprechenden Unterweisung der genannten Bevölkerung und vor allem die Schwierigkeit die Anwendung dieser Präparate zu bewerben, wenn unterschiedliche Produkte mit variierenden Chlorkonzentrationen für variierende Wasservolumina parallel im selben Katastrophenfall verteilt werden. (vgl. Lantagne & Clasen, 2012)

Diese Tatsache unterstreicht die Notwendigkeit für das Vorhandensein von national einheitlichen Empfehlungen zur Anwendung von Wasserdesinfektionskits im Katastrophenfall in Österreich sowie die entsprechend weitläufige Bewerbung und Bekanntmachung dieser Empfehlungen.

Risikomatrix

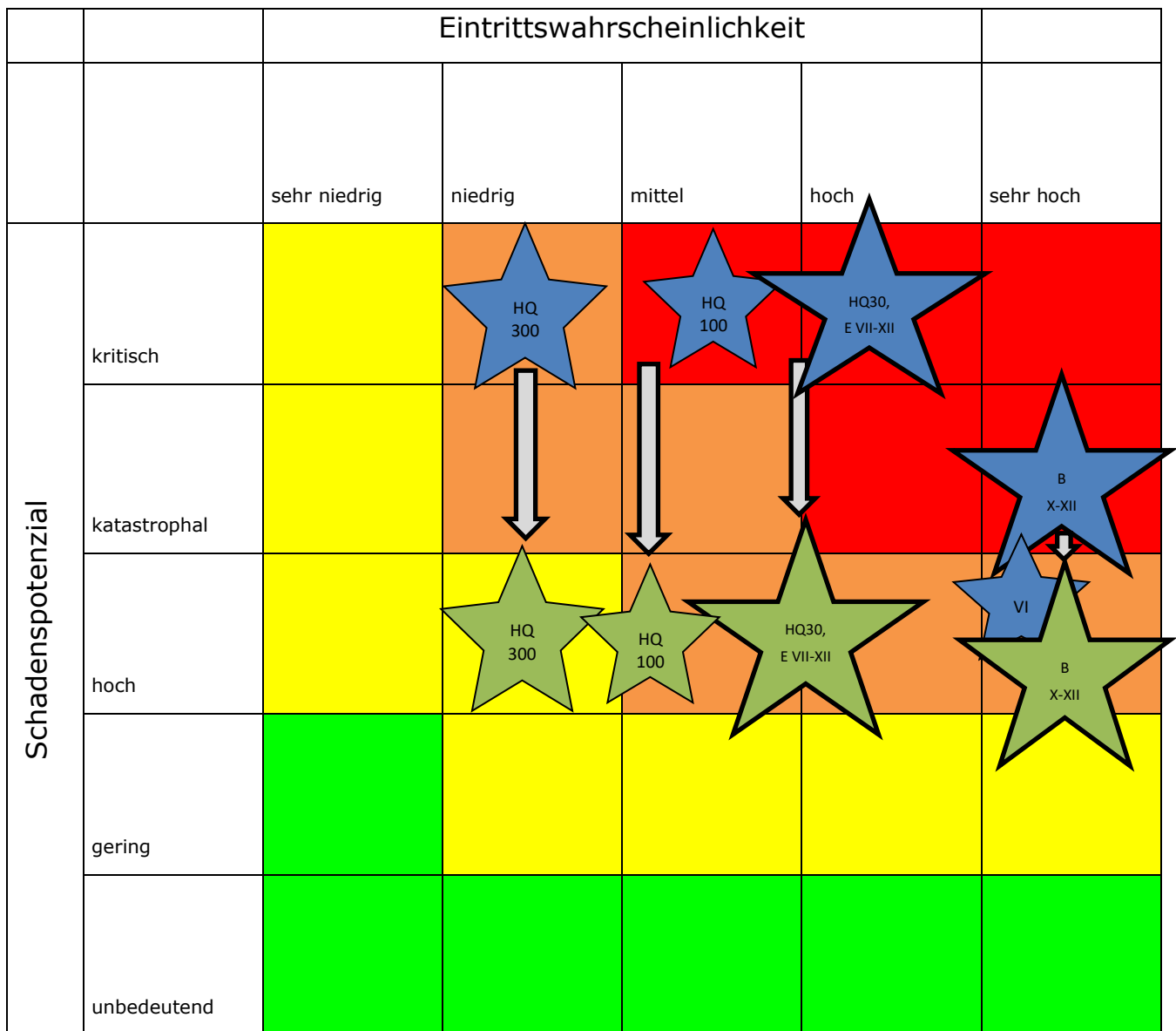


Abbildung 32- Auswirkung der Desinfektionsmaßnahmen mit auf den Einfluss von Erdbeben (E), Hochwässern (HQ) und Stürmen (B) auf die Trinkwasserversorgung, blaue Sterne: Ausgangsszenario, grüne Sterne: Szenarien mit Bewältigungsmaßnahmen (Wasserdesinfektion mit *Micropur Forte®* oder *Solutio Jodi Spirituosa*)

Anhand der vorliegenden Risikomatrix (vgl. Abb. 32) wird ersichtlich, dass die Anwendung von *Micropur Forte*® oder *Solutio Jodi Spirituosa* nach Katastrophen wie Erdbeben, Hochwässern oder Stürmen das dadurch verursachte Schadenspotenzial nachweisbar senken kann. Mit deren Anwendung kann mikrobiologisch verunreinigtes Wasser in privaten Haushalten ausreichend desinfiziert werden, um es für den täglichen Gebrauch sicher zu machen.

Auch eigenen sie die beiden genannten Präparate zur Desinfektion von Wasser aus alternativen Wasserquellen um hier für den Fall einer Unterbrechung der Trinkwasserversorgung entsprechend sauberes Wasser zur Notversorgung zur Verfügung zu haben. Diese Art von Wasser war jedoch nicht Teil der durchgeführten Untersuchungen, weitere Forschung auf diesem Gebiet ist also noch erforderlich.

Durch die Lagerung und Anwendung der genannten Präparate kommt es also zu einer Verminderung des Risikos weg aus der roten Zone (sehr hohes Risiko) hin in den orangen (hohes Risiko) und gelben Bereich (mittleres Risiko). Risiken in diesem Bereich erfordern keine unmittelbar und unverzüglich zu setzenden Bewältigungsmaßnahmen, bzw. können die Bewältigungsmaßnahmen für diese Szenarien „nach Maßgabe der vorhandenen bzw. der nach Bewältigung der mit Priorität zu behandelnden Risiken verbleibenden Ressourcen optional erwogen werden“. (vgl. SKKM, 2018: S. 50)

Es empfiehlt sich aber allenfalls eine Beobachtung hin auf zukünftige Veränderungen um zu verhindern, dass sich die entsprechenden Risiken nicht wieder erhöhen und in den roten Bereich fallen.

6. Wissenschaftliche Einordnung und Fazit

Nach Durchführung der Risikoanalyse und Auswertung des Laborversuchs sollen nun die aufgestellten Hypothesen mittels der erhobenen Daten geprüft und entsprechend verifiziert oder falsifiziert werden.

Hypothese 1: Die österreichische Trinkwasserversorgung ist sicher. Eine Kontamination des Trinkwassers im Rahmen einer Naturkatastrophe ist unwahrscheinlich.

Die Österreichische Trinkwasserversorgung steht unter strenger Kontrolle und permanenter Überwachung. Trinkwasser in Österreich kann aufgrund strenger Bestimmungen der Trinkwasserverordnung prinzipiell als sicheres Lebensmittel betrachtet werden.

Nichts desto trotz kann es im Rahmen von Naturkatastrophen zu einer Kontamination in der Trinkwasserversorgung kommen. Als besonders relevante Katastrophen, welche auf die Qualität des Trinkwassers einwirken können, konnten hierbei Erdbeben, Hochwasser und Stürme identifiziert werden, welche in unregelmäßigen Abständen und Intensitäten in Österreich auftreten. Eine Kontamination des Trinkwassers ist vor allem im Rahmen von Erdbeben und Hochwässern möglich und auch plausibel. Zudem können Stürme und Orkane zu einer Unterbrechung der Trinkwasserversorgung führen.

Hypothese 1 kann somit falsifiziert werden. Die korrekte Folgerung lautet: Die Österreichische Trinkwasserversorgung ist unter regulären Bedingungen sicher. Im Rahmen von Naturkatastrophen wie etwa Erdbeben und Hochwässern kann es jedoch zu einer Kontamination des Trinkwassers kommen. Starke Stürme und Orkane können zu Unterbrechungen in der Trinkwasserversorgung führen.

Hypothese 2: Die von der Österreichischen Apothekerkammer empfohlenen Mittel zur Wasserdesinfektion auf Reisen sind dazu geeignet, im Katastrophenfall aus kontaminierten Wasser Trinkwasser herzustellen.

Die drei von der Österreichischen Apothekerkammer empfohlenen Präparate zur Wasserdesinfektion auf Reisen (*Micropur Classic*®, *Micropur Forte*® und *Solutio Jodi Spirituosa*) zeigten im Laborversuch unterschiedliche Ergebnisse. Im Fall von *Micropur Classic*® ist von einer reinen Konservierungsleistung auszugehen, eine Anwendung bei kontaminierten Wasser zu Desinfektionszwecken ist nicht zu empfehlen. *Micropur Forte*® zeigt eine zufriedenstellende Desinfektionsleistung und kann zur Behandlung von kontaminierten Wasser verwendet werden. *Solutio Jodi Spirituosa* (Jod-Tinktur) eignet sich ebenfalls zur schnellen und einfachen Desinfektion, wobei hier auf verlängerte Einwirkzeiten als empfohlen zu achten ist und für die Anwendung gegebenenfalls weitere Hilfsmittel (Pipette) erforderlich sind, um eine Überdosierung zu verhindern.

Hypothese 2 konnte also teil-verifiziert werden. Die entsprechend adaptierte These lautet: Zwei von der Österreichischen Apothekerkammer empfohlenen Präparate (*Micropur Forte*®

und *Solutio Jodi Spirituosa*) zur Wasserdesinfektion auf Reisen eignen sich auch dazu, im Katastrophenfall aus kontaminierten Wasser mikrobiologisch einwandfreies Trinkwasser herzustellen, wobei *Micropur Forte*® hier aufgrund der einfachen Dosierung und einer kürzeren Einwirkzeit der Vorzug zu geben ist.

Beantwortung der Kernfrage

Nach Beantwortung der beiden Forschungshypothesen folgt nun in Zusammenschau der erhobenen Daten die Beantwortung der Kernfrage, ob die Lagerung der von der Österreichischen Apothekerkammer empfohlenen Wasserdesinfektionskits für Reisende auch für Privathaushalte für den Katastrophenfall zu empfehlen ist.

Nach Analyse der erhobenen Daten und nach erfolgreicher Durchführung eines entsprechenden Laborversuches kann geschlossen werden, dass die Lagerung von *Micropur Forte*® und/oder von *Solutio Jodi Spirituosa* für Katastrophen wie Erdbeben und Hochwasser in entsprechend betroffenen Regionen zu empfehlen ist, da beide Präparate geeignet sind, durch die genannten Naturkatastrophen kontaminiertes Wasser bei korrekter Anwendung ausreichend zu desinfizieren und so im Katastrophensetting genügend Trinkwasser zum Verzehr und zur Körperhygiene zur Verfügung gestellt werden kann.

Zudem kann geschlossen werden, dass die Lagerung der beiden genannten Produkte auch im Falle von Sturm und Orkan insofern einen Benefit bringt, als dass damit Wasser aus alternativen Wasserquellen desinfiziert und damit zusätzliche Wasserquellen zur Notversorgung im Katastrophenfall zur Verfügung stehen.

Aufgrund der einfacheren Dosierung und aufgrund einer verkürzten Einwirkzeit ist *Micropur Forte*® hier der Vorzug zu geben.

Eine Empfehlung von staatlicher Seite zur Lagerung der genannten Präparate für und die Anwendung im Katastrophenfall ist also zu unterstützen und entsprechende Bestrebungen der Kundmachung im Rahmen der Risikokommunikation sind zu fördern.

7. Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass die Einlagerung von den Präparaten *Micropur Forte®* oder *Solutio Jodi Spirituosa*, welche von der Österreichischen Apothekerkammer auch zur Wasserdesinfektion auf Reisen empfohlen werden, auch in Österreich zur Wasserdesinfektion in von Erdbeben, Hochwasser und Stürmen betroffenen Regionen für den Notfall zu empfehlen ist.

Dabei handelt es sich sowohl um eine kostengünstige, als auch eine einfache und sichere Möglichkeit im Krisenfall genügend hygienisch einwandfreies Trinkwasser zur Verfügung zu haben.

Die beiden Präparate können im Sinne der Katastrophenvorsorge (Prävention) leicht über Österreichische Apotheken erworben und ohne besondere Umstände zu Hause gelagert werden, ohne dabei viel Platz in Anspruch zu nehmen.

Als weiterer Vorteil erwies sich, dass für die Anwendung keinerlei Strom erforderlich ist, der mitunter in Katastrophenszenarien nicht zur Verfügung steht. Hieraus ergibt sich auch ein klarer Vorteil gegenüber der Methode des thermischen Desinfizierens mittels Abkochen, sofern dies unter Verwendung elektrischer Energie erfolgt.

Vorsicht geboten ist bei der korrekten Dosierung und dem Mischverhältnis der Substanzen mit dem kontaminierten Wasser sowie den entsprechend erforderlichen bzw. adaptierten Einwirkzeiten.

Die in dieser Arbeit präsentierten und geprüften Methoden stellen allerdings keinesfalls eine Dauerlösung, sondern allenfalls eine zeitlich begrenzte Überbrückungsstrategie dar, um für die Zeitspanne von Eintritt bzw. der Feststellung der Kontamination bis zum Zeitpunkt der qualitativ und quantitativ wiederhergestellten Trinkwasserversorgung ausreichend Trinkwasser zur Verfügung zu haben. Das Hauptziel dabei ist vor allem Wasser für den menschlichen, lebensnotwendigen Verzehr bzw. die für die Erfüllung der körperlichen Basishygiene notwendigen Wasserkapazitäten bereitzustellen.

Durch diese Maßnahmen kann ein Infektionsrisiko durch bakteriell verunreinigtes Wasser möglichst geringgehalten werden und so die damit assoziierte Mortalität im Katastrophenfall gesenkt werden.

8. Einschränkungen

In der vorliegenden Arbeit wurde nur auf eine kleine Auswahl von zur Verfügung stehenden Präparaten und Wasserdesinfektionskits eingegangen. Natürlich stehen hier noch viele weitere Methoden (Filter, thermische Desinfektion, UV- Desinfektion, etc.) zur Verfügung, deren Testung und Miteinbezug in diese Arbeit allerdings den Forschungsrahmen gesprengt hätte. Hier besteht auch für die Zukunft noch weiterer Forschungsbedarf um Krisenregionen kostengünstige und einfache Methoden zur häuslichen Wasserdesinfektion anbieten zu können.

Der durchgeführte Laborversuch beschränkte sich lediglich auf Wasser aus einer zentralen Versorgungsanlage („Leitungswasser“). Hinsichtlich der Wirkung der Desinfektion auf Wasser aus alternativen Wasserquellen wie etwa Flüssen, Seen oder Hausbrunnen besteht also noch weiterer Forschungsbedarf.

Auch wurde nur auf eine beschränkte Auswahl von Naturkatastrophen eingegangen, welche in Österreich auf die Wasserversorgung einwirken können. Hier gibt es noch eine Vielzahl anderer Faktoren (Blackout, Terrorismus, weitere Naturkatastrophen wie etwa Lawinen oder Muren, Hitze und Dürreperiode, etc.) welche ähnliche oder mitunter sogar noch schlimmere Auswirkungen haben können. Auch hier besteht in Zukunft noch weiterer Forschungsbedarf um sich auf etwaige Ereignisse vorzubereiten und im Anlassfall entsprechend fundiert handeln zu können.

In der vorliegenden Arbeit wurde sich auf drei der häufigsten für Wasserkontamination verantwortlichen Erreger beschränkt. Die Mikrobiologie kennt hier noch zahlreiche andere Erreger (*Vibrio cholera*, *Shigella*, *Legionella*, etc.) welchen als durch Wasser übertragene Krankheitserreger Relevanz beigemessen werden kann. Auch bioterroristisch relevante Erreger wie etwa *Bacillus anthracis* (Anthrax), *Francisella tularensis* (Hasenpest) aber auch zahlreiche Viren, Toxine und Parasiten können in die Wasserversorgung eingebracht und so eine große Gefahr für Sicherheit und Gesundheit darstellen. Neben einer mikrobiellen Verunreinigung besteht außerdem die Möglichkeit einer Kontamination mit Schwermetallen oder Chemikalien. Auch hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf, in wie weit die genannten Präparate, aber auch andere Mittel und Methoden hier geeignet sind kontaminiertes Wasser zu desinfizieren.

Ein weiterer wesentlicher Faktor, dem in Zukunft noch mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden muss ist die Höhe der Dosierung der einzelnen Wirkstoffe um hier das optimale Verhältnis aus höchst möglicher Wirkung und Effizienz bei gleichzeitig möglichst geringer bis keinerlei auftretender Nebenwirkungen oder gar gesundheitlicher Schäden oder Einschränkungen zu erreichen.

9. Ausblick und Perspektive

Natürlich bestehen auch noch weitere Methoden zur Risikoverminderung in den genannten Szenarien. Zwar können die genannten Gefahrenquellen nicht zur Gänze beseitigt werden, allerdings besteht hier die Möglichkeit, die Gefahr durch entsprechende Maßnahmen soweit zu reduzieren, dass das Risiko auf ein akzeptables Maß gesenkt wird. Hier bieten sich vor allem entsprechender Hochwasserschutz und bauliche Sicherungs- und Schutzmaßnahmen an. Auch gezielte raumplanerische Maßnahmen, Bauauflagen und nicht zuletzt eine gute Risikokommunikation mit dem Ziel der Bewusstseinsbildung und der Motivation zur Eigenvorsorge in der Bevölkerung können hier eine Risikoreduktion herbeiführen.

Ein zweiter Aspekt besteht in der weiteren Verminderung der Auswirkungen der genannten Naturkatastrophen im Rahmen einer gezielten Katastrophenvorsorge. Sorgfältige Risikoanalysen und Katastrophenschutzplanung sind hier die Grundsteine für eine weitere Risikominimierung.

Ziel wäre ein, durch entsprechende Maßnahmen herbeigeführtes Absenken des Risikos der oben beschriebenen Szenarien in die grüne Zone (geringes Risiko) der Risikomatrix (vgl. Abb. 32), welche den Bereich des akzeptablen Risikos darstellt, der die zu setzenden Maßnahmen auf ein regelmäßiges Beobachten des Risikos und gegebenenfalls eine Neuevaluierung reduzieren würde.

Gerade in den bevorstehenden Zeiten eines sich stetig wandelnden Klimas mit Verlagerung von Klimazonen und damit verbundenen Ressourcenverknappung wie in diesem Fall Wasser wird der effizienten und sparsamen Nutzung von Trinkwasser immer mehr Bedeutung beigemessen werden müssen. Wasserknappheit, wie sie in vielen Regionen der Erde bereits besteht wird auch in bisher nicht davon betroffenen Gebieten auftreten. Hier wird die Wasserdeseinfektion von kontaminierten Wasser künftig eine Rolle spielen können. Umso wichtiger wird es sein, die Bevölkerung über diese Möglichkeit aufzuklären und entsprechend zu schulen umso auf die sich ändernden Umständen zu reagieren und sich neuen Gegebenheiten entsprechend anpassen zu können.

10. Literaturverzeichnis

- Acra, A., Karahagopian, Y., Raffoul, Z., & Dajani, R. (1980). Disinfection of oral rehydration solutions by sunlight. *Lancet*, S. 1257-1258.
- Agensi, A., Tibyangye, J., Tamale, a., Agwu, E., & Amongi, C. (3. März 2019). Contamination Potentials of Household Water Handling and Storage Practices in Kirundo Subcounty, Kisoro District, Uganda. *Journal of Environmental and Public Health*, S. 7932193.
- Amin, M. T., & Han, M. Y. (15. November 2009). Water environmental and sanitation tatus in disaster relief of Pakistan's 2005 earthquake. *Desalination: 248 (1-3)*, S. 436-445.
- Amt der Oberösterreichischen Landesregierung- a. (2020). *Allgemeine Hygienemaßnahmen Trinkwasser/Hochwasser*. Von Umwelt und Natur: Wasser: <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/124903.htm> abgerufen am 31.08.2020
- Amt der Öberösterreichischen Landesregierung- b. (2018). *Empfohlene Maßnahmen für Wasserversorgungsanlagen bei Auswirkungen von Starkniederschlägen*. Von Umwelt und Natur: Wasser: https://www.land-oberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/Dokumente%20UWD%20Abt_WW/twa_Info_empfohlene_Ma%C3%9Fnahmen_Starkregen_Hochwasser_20180111.pdf abgerufen am 31.08.2020
- Amt der Oberösterreichischen Landesregierung- c. (2020). *FAQ- Häufige Fragen und Antworten zum Thema Trinkwasser und Hochwassersituatio*. Von https://www.land-oberoesterreich.gv.at/Mediendateien/Formulare/Dokumente%20UWD%20Abt_WW/twa_FAQs_Hochwasser_und_Trinkwasser.pdf abgerufen am 31.08.2020
- Backer, H. (2018). Water Disinfection for International Travelers. In J. Keystone, P. Kozarsky, B. Connor, H. Nothdurft, M. Mendelson, & K. Leder, *Travel Medicine (4th Edition)* (S. 31-41). Elsevier.
- Backer, H., Derlet, R., & Hill, V. (2019). Wilderness Medical Society Clinical Practice Guidelines for Water Disinfection for Wilderness, International Travel, and Austere Situations. *Wilderness & Environmental Medicine: 30 (4S)*, S. 100-120.
- Bioforce. (1996). Cholera in Goma. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique: 44*, S. 358-363.
- Borde, P., Elmusharaf, K., McGuigan, K., & Keogh, M. (2016). Community challenges when using large plastic bottles for Solar Energy Disinfection of Water (SODIS). *BMC Public Health: 16*, S. 931.
- Branz, A., Levine, M., Lehmann, L., Bastable, A., Imran Ali, S., Kadir, K., . . . Lantagne, D. (Jänner 2017). Chloriantion of drinking water in emergencies: a review of knowledge to develop recommendations for implementation and research needed. *Waterlines: 36(1)*, S. 4-39.

-
- Bundesamt für Sicherheit im Gesundheitswesen (BASG). (2008). *Österreichisches Arzneibuch (Pharmacopoea Austriaca)*. Wien: Verlag Österreich.
- Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz (BMASGK). (2017). *Österreichischer Trinkwasserbericht 2017*. Wien: Bundesministerium für Arbeit, soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz.
- Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (BMGF). (2007). 1.1.3 Quellwasser. In *Österreichisches Lebensmittelbuch*. Wien: Bundesministerium für Gesundheit und Frauen.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW). (2011). *Leitfaden- Verfahren zur Abschätzung von Hochwasserkennwerten*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung VII3.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW). (2017). *Einteilung der Gewässer in Oberflächen- Wasserkörper*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT). (09. Juli 2018). *Trinkwasserverbrauch und Wasserversorgung*. Von Wasser in Österreich: Wasser in Zahlen: <https://www.bmlrt.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/zahlen/Trinkwasserverbrauch.html> abgerufen am 31.08.2020
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT). (August 2019). *Historische Ereignisse*. Von Leben mit Naturgefahren: https://maps.naturgefahren.at/?g_card=hist_ereignisse abgerufen am 31.08.2020
- Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT). (2020). *Natural Hazard Overview & Risk Assessment Austria*. Von <https://www.hora.gv.at> abgerufen am 31.08.2020
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT). (09. 07 2018). *Wasserversorgung- und verwendung in Österreich*. Von <https://www.bmnt.gv.at/wasser/nutzung-wasser/versorgung.html> abgerufen am 31.08.2020
- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMK). (2020). *Hochwasserereignisse*. Von <https://www.bmk.gv.at/themen/wasser/hochwasserschutz/ereignisse.html> abgerufen am 31.08.2020
- Burkhardt, F. (2009). *Mikrobiologische Diagnostik*. Stuttgart: Thieme Verlag KG.
- Cambaza, E., Mongo, E., Anapakala, E., Nhambire, R., Singo, J., & Machava, E. (2019). Outbreak of Cholera Due to Cyclone Kenneth in Northern Mozambique 2019. *International Journal of Environmental Research and Public Health*: 16 (2925), S. 1-9.

-
- Center for Disease Control (CDC). (2020). Preparing International Travelers- Water Disinfection. In CDC, *Yellow Book*. Atlanta: Oxford University Press.
- Chanda Shimi, A., Ara Parvin, G., Biswas, C., & Shaw, R. (2010). Impact and adaptation to flood: A focus on water supply, sanitation and health problems of rural community in Bangladesh. *Disaster Prevention and Management: 19*(3), S. 298-313.
- Colindres, R. J., Bowen, A., & Domond, P. (2007). After the flood: an evaluation of in-home drinking water treatment with combined flocculent-disinfectant following Tropical Storm Jeanne — Gonaives, Haiti, 2004. *Journal of Water & Health: 5*(3), S. 367-374.
- Connolly, M., Gayer, M., Ryan, M., Salama, P., Spiegel, P., & Heymann, D. (November 2004). Communicable diseases in complex emergencies: impact and challenges. *The Lancet*, S. 364: 1974-1983.
- Connolly, M., Gayer, M., Ryan, M., Salama, P., Spiegel, P., & Heymann, D. (November 2004). Communicable diseases in complex emergencies: impact and challenges. *The Lancet*, S. 364(9449):1974-1983.
- Conroy, R., Elmore-Meegan, Joyce, T., McGuigan, K., & Barnes, J. (1996). Solar disinfection of drinking water and diarrhoea in Maasai children: a controlled field trial. *Lancet*, S. 1695-1697.
- Department of Health & Human Services. (2000). *Safe Water Systems for the Developing World: A Handbook for Implementing Household-Based Water Treatment and Safe Storage Projects*. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention .
- Der Standard. (2006). Große Hochwasser in Österreich seit 1990. *Der Standard*.
- Deutscher Wetterdienst. (2020). *Beaufort-Skala*. Von Wetterlexikon: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=100310&lv3=100390> abgerufen am 31.08.2020
- Downes, A., & Blunt, T. (1877). Researches on the effect of light upon bacteria and other organisms. *Proceedings of the Royal Society: 28*, S. 488-500.
- Eccles, K., Checkley, S., Sjogren, D., H., B., & Bertazzon, S. (März 2017). Lessons learned from the 2013 Calgary flood: Assessing risk of drinking water well contamination. *Applied Geography: 80*, S. 78-85.
- Frazier, W., & Westhoff, D. (1958). Preservation by use of high temperatures. In *Food Microbiology*. McGraw-Hill College.
- Goma Epidemiology Group. (1995). Public health impact of Rwandan refugee crisis: what happened in Goma. *The Lancet: 345*, S. 339-344.
- Gray, N. (2008). *Drinking water quality: Problems and solutions*. New York: Cambridge University Press.

-
- Gupta, S., Suantio, A., Gray, A., Widyastuti, E., Jain, N., Rolos, R., . . . Quick, R. (01. Juni 2007). Factors associated with E. Coli contamination of household drinking water among tsunami and earthquake survivors, Indonesia. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, S. 1158-1162.
- Harding, A., & Schwab, K. (2012). Using Limes and Synthetic Psorales to Enhance Solar Disinfection of Water (SODIS): A Laboratory Evaluation with Norovirus, Escherichia coli and MS2. *American Journal of Tropical Medicine & Hygiene*: 86(4), S. 566-572.
- Hartono, D. M., Novita, E., Danumihardja, I. G., & Dian Oriza, I. I. (2010). The role of water supply and sanitation during floods: Case study of flood disaster in five regions of jakarta. *International Journal of Technology*: 1 (1), S. 29-37.
- Heymann, D. L. (2015). *Control of Communicable Diseases*. Washington: American Public Health Association.
- Huhulescu, S., Indra, A., Feierl, G., Stöger, A., Ruppitsch, W., Banwarial, S., & Allerberger, F. (2007). Occurrence of Vibrio cholerae serogroups other than O1 and O139 in Austria. *Wiener klinische Wochenschrift*: 119, S. 235-241.
- Islam, M., Brooks, A., Kabir, M., Jahid, I., Shafiqul Islam, M., Goswami, D., . . . Luby, S. (2006). Faecal contamination of drinking water sources of Dhaka city during the 2004 flood in Bangladesh and use of disinfectants for water treatment. *Journal of Applied Microbiology*: 103 (1), S. 80-87.
- Jelinek, T. (2012). Hygienemaßnahmen. In *Kursbuch Reisemedizin: Beratung, Prophylaxe, Reisen mit Erkrankungen* (S. 38). Stuttgart: Thieme.
- Joyce, T., McGuigan, K., Elmore-Meegan, M., & Conroy, R. (1996). Inactivation of Fecal Bacteria in Drinking Water by Solar Heating. *Applied And Environmental Microbiology*: 62(2), S. 399-402.
- Kang, Z.-y., Wang, H., Feng, Y.-m., Li, W.-p., & Cheng, H. (2009). Rural Drinking Water Problems and Countermeasures after the Earthquake Disaster. *Journal of Sichuan University*: 41, S. 115-119.
- Koh, L. S., Nasir, N., & Zuliyadini, A. (2017). Flood Disaster Water Supply: A Review of Issue and Challenges in Malaysia. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*: 7 (10), S. 525-532.
- Kriechmayr, K. (2010). Achilles und die Schwächen im Wassersystem. *Der Standard*.
- Kumar, M., & Puri, A. (Jänner 2012). A review of permissible limits of drinking water. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*: 16 (1), S. 40-44.
- Land Oberösterreich. (2019). *Ratgeber Hausbrunnen- Informationsbroschüre*. Linz: Amt der oberösterreichischen Landesregierung.
- Lantagne, D., & Clasen, T. (Jänner 2012). Point-of-use water treatment in emergency response. *Waterlines*: 31 (1&2), S. 30-52.

-
- Luby, S., Agboatwalla, M., Painter, J., Altaf, A., Billhimer, W., Keswick, B., & Hoekstra, R. (März 2006). Combining drinking water treatment and hand washing for diarrhoea prevention, a cluster randomised controlled trial. *Tropical Medicine & International Health: 11 (4)*, S. 479-489.
- Luby, S., Agboatwalla, M., Raza, A., Mintz, E., Sobel, J., Hussain, S., . . . Gangarosa, G. (1998). Microbiological evaluation and community acceptance of a plastic water storage vessel, point-of-use water treatment, and hand washing in Karachi, Pakistan. *Program and abstracts of the 47th Annual Epidemic Intelligence Service Conference*. Atlanta.
- McCann, D., Moore, A., & Walker, M.-E. (2011). The water/health nexus in Disaster Medicine. II: water contamination in disasters. *Current Opinion in Environmental Sustainability: 3(6)*, S. 486-490.
- Meyer, C. (2020). *Handbuch der Infektionskrankheiten*. Landsberg am Lech: ecomed MEDIZIN.
- Mittermayer, H., & Allerberger, F. (2006). *Spektrum der Infektionskrankheiten*. Balingen: Spitta Verlag GmbH & Co. KG.
- Morley, D. (1988). Sunlight and drinking water. *Lancet*, S. 686.
- Murray, P. (2003). *Manual of Clinical Microbiology*. Washington: ASM Press.
- Nayan, N., Mohmadisa, H., Yazid, S., Kamarul, I., Hanifah, M., & Koh, L. (2016). The Concentration Levels of Heavy Metals in the Recreational Lake, Taiping Lake Gardens, Perak. *Jurnal Geografi: 4 (2)*, S. 36-45.
- Niederösterreichischer Zivilschutzverband. (2020). *Entstehung von Hochwässer bzw. Wasserschäden*. Von <https://www.noezsv.at/noe/pages/startseite/zivilschutz-themen-a---z/hochwasser/hochwasser-entstehung.php> abgerufen am 31.08.2020
- Oates, P., Shanahan, P., & Polz, M. (2003). Solar disinfection (SODIS): simulation of solar radiation for global assessment and application for point-of-use water treatment in Haiti. *Water Research: 37 (1)*, S. 47-54.
- Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW). (2018). *Die Österreichische Trinkwasserwirtschaft- Branchendaten und Fakten*. Wien: ÖVGW.
- Österreichisches Apothekerkammer. (2020). *Trinkwasseraufbereitung für Reisende*. Von <https://www.apotheker.or.at/Internet/OEAK/newspresse.nsf/webPages/498A230729D4F43DC1256AC0002BBE27?OpenDocument> abgerufen am 31.08.2020
- Oswald, W., Lescano, A., Bern, C., Calderon, M., Cabrera, L., & Gilman, R. (2007). Fecal Contamination of Drinking Water within Peri-Urban Households, Lima, Peru. *American Journal of Tropical Medicine & Hygiene: 77 (4)*, S. 699-704.
- Pan American Health Organization (PAHO). (2002). *Emergencies and disaster in drinking water supply and sewerage system: Guidelines for effective response*. Washington, D.C.: Pan American Health Organization.

-
- Paquet, C., & G., H. (1998). Control of infectious diseases in refugee and displaced populations in developing countries. *Bulletin de l'Institut Pasteur*: 96, S. 3-14.
- Prüss-Üstün, A., Gore, F., & Bartram, J. (2008). *Safer water, better health: cost, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health*. Genf: World Health Organization.
- Ram, P., Blanton, E., Klinghoffer, D., & Platek, M. (April 2007). Household Water Disinfection in Hurricane-Affected Communities of Louisiana: Implications for Disaster Preparedness for the General Public. *American Journal of Public Health*: 97, S. 130-135.
- Rice, E., Hoff, J., & Schaefer, F. (1982). Inactivation of Giardia Cysts by Chlorine. *Applied Environmental Microbiology*: 43 (1), 250-251.
- Robens Institute. (1996). Fact Sheets on Environmental Sanitation. In *Water Sanitation and Health (WSH)*: 2 (13) (S. 97-102). University of Surrey, UK: WHO.
- Robert Koch Institut (RKI). (2011). *EHEC- Erkrankung*. Von RKI Ratgeber: https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_EHEC.html abgerufen am 31.08.2020
- Robert Koch Institut (RKI). (2018). Hygienemaßnahmen zur Prävention der Infektion durch Enterokokken mit speziellen Antibiotikaresistenzen. *Bundesgesundheitsblatt*, S. 61: 1310-1361.
- Robert Koch Institut (RKI). (03. Juli 2019). *Primärprävention von Legionellosen*. Von https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/L/Legionellose/OEGD/Primaerpraevention_Legionellosen.html abgerufen am 31.08.2020
- Roberts, L., Chartier, Y., Chartier, O., Malenga, G., Toole, M., & Rodka, H. (2001). Keeping clean water clean in a Malawi refugee camp: a randomized interventional trial. *Bulletin of the World Health Organization*: 79, S. 280-287.
- Rosa, G., & Clasen, T. (2010). Estimating the Scope of Household Water Treatment in Low- and Medium-Income Countries. *American Journal of Tropical Medicine & Hygiene*: 82 (2), S. 289-300.
- Rusin, P., Rose, J., Haas, C., & Gerba, C. (1997). Risk assessment of opportunistic bacterial pathogens in drinking water. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*: 152, S. 57-83.
- Rybicki, J., Kisdi, E., & Antilla, J. (16. Oktober 2018). Model of bacterial toxin-dependent pathogenesis explains infective dose. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*: 115 (42), S. 10690-10695.
- Sicherheits- Informationszentrum Österreich- a. (17. April 2020). *Sicherheit*. Von Erdbeben: Chronik der stärksten Beben in Österreich: <http://www.siz.cc/bund/sicherheit/show/73> abgerufen am 31.08.2020

-
- Sicherheits- Informationszentrum Österreich- b. (2020). *Erdbeben: Skala nach Mercalli-Sieberg*. Von <http://www.siz.cc/bund/sicherheit/show/70> abgerufen am 31.08.2020
- Silvestry-Rodriguez, N., Sicairos-Ruelas, E., Gerba, C., & Bright, K. (2007). Silver as a disinfectant. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*: 191, S. 23-45.
- Skywarn Austria. (2020). *Unwetter in Österreich*. Von https://www.skywarn.at/index.php/Unwetter_in_Oesterreich.html abgerufen am 31.08.2020
- Sobsey, M., Fuji, T., & Shields, P. (1988). Inactivation of Hepatitis a Virus and Model Viruses in Water by Free Chlorine and Monochloramine. *Water Science & Technology*: 20 (11-12), 385-391.
- Sobsey, M., Handzel, T., & Venczel, L. (2003). Chlorination and safe storage of household drinking water in developing countries to reduce waterborne disease. *Water Science and Technology*: 47, S. 221-228.
- Staatliches Krisen- und Katastrophenschutzmanagement (SKKM). (2018). *Risikomanagement im Katastrophenmanagement- Leitfaden*. Wien: Bundesministerium für Inneres.
- Stadt Wien. (29. 01 2020). *Der Weg des Wiener Wassers von den Alpen in die Stadt*. Von <https://www.wien.gv.at/wienwasser/versorgung/weg/index.html> abgerufen am 31.08.2020
- Steering Committee for Humanitarian Response. (2004). *The Sphere Project: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Disaster Response*. Genf: Oxford Publishing.
- Talley, L., Spiegel, P., & Girgis, M. (2001). An investigation of increasing mortality among Congolese refugees in Lugufucamp, Tanzania, May-June 1999. *Journal of Refugee Studies*: 14, S. 412-427.
- Tromans, I. (2004). *Behaviour of buried water supply pipelines in earthquake zones*. London: Imperial College of Science, Technology and Medicine.
- Umweltbundesamt (UBA). (2017). *Elfter Umweltkontrollbericht. Umweltsituation in Österreich*. Wien: Umweltbundesamt.
- US Army. (2005). *Sanitary control and surveillance of field water supplies. Report No.: TB Med 577*. Washington, DC: Departments of the Army, Navy, and Air Force.
- US Environmental Protection Agency. (1987). *Report to Task Force: Guide Standard and Protocol for Testing Microbiological Water Purifiers*. Cincinnati: USEPA.
- Versicherungsverband Österreich. (11. Oktober 2016). *Naturkatastrophe in Österreich: Jeder ist betroffen!* Von <https://www.vvo.at/vvo/vvo.nsf/sysPages/98521ACB6018BE46C1258043004A85B2> abgerufen am 31.08.2020

-
- Wagner, R., & Lajos, T. (1967). Vertikale Temperaturschichtung im Boden und ein mathematisches Modell derselben. *Acta Climatologica*: 7, S. 3-49.
- Wang, G., & Dyle, M. (1998). Survival of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in water. *Journal of Food Protection*: 61, S. 662-667.
- World Health Organisation (WHO). (2. Mai 2017). *Diarrhoeal disease*. Von <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease> abgerufen am 31.08.2020
- World Health Organisation. (2018). *Alternative drinking-water disinfectants: bromine, iodine and silver*. Genf.
- Yoder, J., Hlavsa, M., Craun, G., Hill, V., Roberts, V., Yu, P., . . . Beach, M. (September 2008). Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with recreational water use and other aquatic facility-associated health events--United States, 2005-2006. *The Morbidity and Mortality Weekly Report Surveillance Summaries*, S. 57(9): 1-29.
- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG). (2011). *Stürme*. Von <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/standpunkt/klimazukunft/alpenraum/stuerme> abgerufen am 31.08.2020
- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG). (Juli 2012). *Erdbeben in Österreich: Stärkste Erdbeben*. Von https://www.zamg.ac.at/cms/de/geophysik/erdbeben/erdbeben-in-oesterreich/copy3_of_die-staerksten-erdbeben-in-oesterreich abgerufen am 31.08.2020
- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG). (Juli 2012). *Lexikon: Erdbeben in Österreich*. Von *Erdbeben in Österreich*: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/geophysik/lexikon/erdbeben-in-oesterreich> abgerufen am 31.08.2020
- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG). (2020). *Geophysik: Jahresberichte*. Von <https://www.zamg.ac.at/cms/de/geophysik/erdbeben/erdbebenarchiv/jahresberichte> abgerufen am 31.08.2020

Kurzfassungen/ Abstract

In Österreich kommt es in regelmäßigen Abständen zum Auftreten von Naturkatastrophen. Drei der häufigsten davon sind Erdbeben, Hochwässer und Stürme. Diese können mitunter auch auf die nationale Trinkwasserversorgung einwirken und zu einer Kontamination des Trinkwassers führen. Bisher existieren in Österreich keinerlei nationale Empfehlungen für Privatpersonen zur Einlagerung von Präparaten zu Wasserdesinfektion für diesen Fall.

In der vorliegenden Arbeit soll das Risiko einer Kontamination von österreichischen Trinkwasser für die drei genannten Katastrophen ermittelt werden. Drei Präparate, welche von der Österreichischen Apothekerkammer zur chemischen Wasserdesinfektion auf Reisen empfohlen werden sollen hinsichtlich Ihrer Desinfektionswirkung und Anwendbarkeit mittels Laborversuch geprüft werden. Ziel der Arbeit ist es, die Frage zu klären, ob eine Empfehlung für österreichische Privathaushalte ausgesprochen werden kann, dass die Lagerung entsprechender Wasserdesinfektionskits für den Katastrophenfall zu empfehlen ist.

Austria is struck by natural disasters on a periodical basis. The most frequent of them are earthquakes, flooding and storms. These disasters can have an impact on the national supply of drinking water and can cause contamination of drinking water occasionally. By now, there are no national recommendations for the storage of water disinfection kits for private households for the case of the above-mentioned disasters.

This paper should estimate the risk of drinking-water contamination for earthquakes, flooding and storms. Three chemical disinfection kits, recommended by the Austrian Chamber of Pharmacists, should be evaluated by laboratory experiment regarding their disinfection efficacy and their usability.

The main aim of this paper is to answer the question, if the storage of water disinfection kits should be generally recommended for private households in Austria for the case of disaster.

Anhänge

Datenblatt *Micropur Classic®*



TECHNISCHES DATENBLATT

MICROPUR CLASSIC TABLETTEN - einfache Trinkwasserkonservierung

PRODUKTMERKMALE

Wirkstoffe:	MC 1T: Silber 2,5 mg/g MC 10T: Silber 4,0 mg/g Alle verwendeten Inhaltsstoffe sind für den Gebrauch im Trinkwasser zugelassen
Wirkung:	Konserviert klares Trinkwasser bis zu 6 Monaten. Wirkt bakterizid* nach 2 Stunden Kontaktzeit
Dosierung:	Siehe Rückseite
Werkstoffe:	Zur Verwendung in Kunststoff oder Glas. Metalle vor Anwendung prüfen
Sicherheit:	Siehe Rückseite
Lagerung:	In verschlossener Originalpackung trocken und unter 25° C lagern
Haltbarkeit:	10 Jahre ab Herstellungsdatum

* Siehe Testresultate auf der Rückseite



FAKTEN

- Micropur Classic inaktiviert Bakterien und verhindert die Geruchsbildung in Trinkwasser-Behältern und -leitungen.
- Die Wirkung von Micropur Classic beruht auf der bakteriostatischen und bakteriziden Eigenschaft von Silber. Im Unterschied zu Chlor, das nur wenige Stunden in Wasser wirkt, machen Silberionen Wasser bis zu 6 Monate haltbar. Die Silberionen setzen sich an den Zellwänden von Mikroorganismen fest und verhindern so deren Wachstum.
- Micropur Classic kann überall verwendet werden, wo Trinkwasser über längere Zeit in einem System bleibt - also in Kühlkreisläufen, Heizkreisläufen, Luftbefeuchtern, Zisternen, Wassertanks, Wasserbäder, Inkubatoren usw. Ideal für die Wasserkonservierung im Boot, Camper oder Caravan.
- Für klares, nicht für trübes Wasser, da Schwebstoffe die Wirkung der Silberionen beeinträchtigen können. Bei trübem Wasser Katadyn Filter verwenden.

PRODUKTMERKMALE > NUTZEN

- 0,1 mg Silberionenanteil pro Liter Wasser > Wasserkonservierung bis zu 6 Monate
- Enthält kein Chlor > geruchs- und geschmacksneutral
- Kleine und handliche Packungsformen > findet überall Platz
- Haltbarkeit 10 Jahre ab Herstellungsdatum > geringe Verlustrate und gute Eignung für die Lagerung grösserer Mengen
- Unterschiedliche Produktformen (Tablette, Pulver, Flüssigkeit) > breite Anwendung für unterschiedlichste Zielgruppen

KURZPROFIL

Praktische und einfache Trinkwasserkonservierung. Ideale Wasserbehandlung für Reisende und für unterwegs.

MICROPUR CLASSIC TABLETTE - einfache Trinkwasserkonservierung

PRODUKTFORMEN

Art. Nr.	Produktform	Inhalt	Dosierung
Micropur Tabletten:			
50101	Micropur Classic MC 1T (D/E/F/ES)	100 Tabletten	1 Tablette für 1 l, reicht für 100 l
50201	Micropur Classic MC 10T (D/E/F/ES)	40 Tabletten	1 Tablette für 10 l, reicht für 400 l

ANWENDUNG

Micropur Tabletten

Tabletten in Behälter geben, Wasser nach 10 Minuten gut durchmischen, Einwirkzeit (120 min) abwarten. Zur Verwendung in Leitungswasser mit Trinkwasserqualität.

Sicherheit

Bei Berührung mit den Augen sofort mit Wasser ausspülen.

Biozidprodukte vorsichtig verwenden. Vor Gebrauch stets Etikett und Produktinformationen lesen.



TESTS

Ministry of Commerce & Industry, Oman, 1.4.2001 - Coliforms, Pseudomonas aeruginosa

Instituto Adolfo Lutz, Brasilien, 1992: - Vibrio cholerae, E.coli

Universidade Católica de Rio de Janeiro, Brasilien, 1992 - Salmonella typhi, E.coli, virbio cholerae, Pseudomonas aeruginosa

Änderungen vorbehalten

Katadyn Produkte AG | Pfäffikerstrasse 37 | 8310 Kempthal | Schweiz
 Tel: +41 44 839 21 11 Fax: +41 44 839 21 99
 info@katadyn.ch | www.katadyn.com

Datenblatt **Micropur Forte®**



TECHNISCHES DATENBLATT

MICROPUR FORTE TABLETTEN DCCNa - schnelle und wirkungsvolle Wasserdessinfektion

PRODUKTMERKMALE

Wirkstoffe:	Troclosenatrium 99,8 mg/g Silber 1,8 mg/g Alle verwendeten Inhaltsstoffe sind für den Gebrauch im Trinkwasser zugelassen
Wirkung:	Eliminiert Bakterien* und Viren* in 30 min, Amöben und Giardia* in 120 min, konserviert Trinkwasser bis zu 6 Monate
Dosierung:	Siehe Rückseite
Verkstoffe:	Zur Verwendung in Kunststoff oder Glas. Metalle vor Anwendung prüfen
Sicherheit:	Siehe Rückseite
Lagerung:	In verschlossener Originalpackung trocken und unter 25° C lagern
Haltbarkeit:	5 Jahre ab Herstellungsdatum

* Siehe Testresultate auf der Rückseite



FAKTEN

- Micropur Forte desinfiziert klares Leitungs-/Quellwasser und hält es bis zu 6 Monate keimfrei.
- Durch die Oxidationswirkung von Chlor werden neben Bakterien auch Viren und die meisten Protozoen und Pilze eliminiert.
- Micropur Forte kann überall dort verwendet werden, wo mikrobiologisch unsicheres Leitungs-/Quellwasser zum Trinken, Kochen oder Waschen desinfiziert werden soll. Zudem ist es ein ideales Konservierungsmittel für Wasser in Wassertanks, Wasserbädern, Kühlkreisläufen, Heizkreisläufen, Luftbefeuchtern, Zisternen, Inkubatoren und mehr.
- Für klares, nicht für trübes Wasser, da Schwebstoffe die Wirkung von Chlor und Silberionen beeinträchtigen können. Bei trübem Wasser Katadyn Filter verwenden.

PRODUKTMERKMALE > NUTZEN

- Enthält Chlor > desinfiziert Leitungs-/Quellwasser
- Mit Silberionenanteil > konserviert Wasser bis zu 6 Monate
- Kleine Packungsform > findet überall Platz

KURZPROFIL

Wasserdessinfektion und -konservierung. Ideale Wasserbehandlung für Reisende und für unterwegs.

MICROPUR FORTE TABLETTEN DCCNa - schnelle und wirkungsvolle Wasserdesinfektion

PRODUKTFORMEN

Art. Nr.	Produktform	Inhalt	Dosierung
Micropur Tabletten:			
8014258	Micropur Forte MF 1T (D/E/F/NL/IT)	100 Tabletten	1 Tablette für 1 l, reicht für 100 l
8013662	Micropur Forte MF 1T (ES/DK/SE/NO/FI)	100 Tabletten	1 Tablette für 1 l, reicht für 100 l
8017906	Micropur Forte MF 1T (EN/PL/CZ/HU/RUS)	100 Tabletten	1 Tablette für 1 l, reicht für 100 l

ANWENDUNG
Micropur Tabletten

Eine Micropur Forte Tablette auf einen Liter klares Wasser dosieren; 10 Minuten warten, bis sich die Tablette aufgelöst hat; gut schütteln; vor Gebrauch weitere 20 Minuten einwirken lassen.

Weitere Hinweise

- Bei sehr kaltem Wasser oder bei Verdacht auf Giardia-Zysten das Wasser erst nach einer Einwirkzeit von 2 h trinken.
- Der Grenzwert von Silber im Trinkwasser liegt bei 0.1 mg/l und wird nach der Einwirkzeit von Micropur Forte nicht überschritten.
- Mit Micropur Antichlor kann der leichte Chlorgeschmack innert 3 Minuten neutralisiert werden.

Sicherheit

Bei Berührung mit den Augen sofort mit Wasser ausspülen.

Biozidprodukte vorsichtig verwenden. Vor Gebrauch stets Etikett und Produktinformationen lesen.


TESTS (Wirksamkeit von Chlor)

Mark D. Sobsey, Taksahi Fuji, Patricia A. Shields, 1988.

Untersuchte Erreger: Hepatitis A HM175, Coxsackievirus B5, Coliphages ATCC 13706-B1

Rice et al., 1982.

Untersuchte Erreger: Giardia lamblia cysts, Giardia muris cysts

C. Wunderlich, Test for the evaluation of Bactericidal Activity according to EN 1040, Institut Fresenius, Documentnr. : 50998.

J. Steinmann, Expert on virucidal activity of Micropur Chlorine against poliovirus type 1, Mikrolab GmbH (2003).

Änderungen vorbehalten

Katadyn Produkte AG | Pfäffikerstrasse 37 | 8310 Kemptthal | Schweiz
 Tel: +41 44 839 21 11 Fax: +41 44 839 21 99
 info@katadyn.ch | www.katadyn.com