

Infektionsvermeidung bei Transplantierten:
Chemische Dekontamination von Obst und Gemüse zur
Reduktion von *Escherichia coli*

Bachelorarbeit

Im Studiengang **Ökotrophologie**

Abgabedatum: 24. Juni 2024

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences
Department Ökotrophologie
Betreuung der Arbeit: Prof. Dr. Katharina Riehn
Dr. Nina Kopra

Antonia Isabell Tröster

Matrikelnummer XXXXXXXXXX

Inhaltsverzeichnis

Abstract (Deutsche Fassung)	1
Abstract (English version)	2
1. Einleitung	3
2. Hintergrund	4
2.1. Organtransplantationen	4
2.2. Transplantationsimmunologie	5
2.3. Lebensmittelinfektionen bei immunsupprimierten Patienten	6
2.3.1. Vorkommen bakterieller Infektionen	6
2.3.2. Escherichia coli	7
2.3.3. Lebensmittelsicherheitsverhalten nach Transplantationen	9
2.4. Kontroverse der keimarmen Ernährung	9
2.4.1. Keimarme Ernährungsformen	10
2.4.2. Divergierende Meinungen zur keimarmen Ernährung	13
2.5. Dekontaminationsmethoden für Obst und Gemüse	13
2.6. Forschungslücke und Zielsetzung der Arbeit	16
3. Methodik	17
3.1. Literaturteil	17
3.2. Experteninterviews	19
3.2.1. Auswahl der Experten	19
3.2.2. Leitfadenerstellung	19
3.2.3. Auswertung der Interviews	20
3.3. Experimenteller Teil	20
3.3.1. Versuchsvorbereitungen	21
3.3.2. Auswahl von Obst und Gemüse	24
3.3.4. Dekontaminationsmittel	26
3.3.5. Analyse	29
4. Ergebnisse	30
4.1. Ergebnisse der Literaturrecherche	30
4.2. Ergebnisse der Experteninterviews	32
4.2.1. Interview mit Frau Dr. Antje Weimann	33
4.2.2. Interview mit Frau Dr. Jutta Sieb	34
4.2.3. Zusammenfassung der Interviews	35
4.3. Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen	35

4.3.1.	Brokkoli	36
4.3.2.	Rucola.....	37
4.3.3.	Himbeeren	38
4.3.4.	Zusammenfassender Vergleich der Dekontaminationsmittel	39
5.	Diskussion	41
5.1.	Diskussion der Methodik.....	41
5.2.	Interpretation der Ergebnisse.....	42
5.2.1.	Keimarme Ernährung zur Infektionsvermeidung	42
5.2.2.	Chemische Dekontamination als Interventionsmaßnahme	45
6.	Ausblick	47
6.1.	Implikationen für zukünftige Forschung	47
6.2.	Anwendbarkeit der Ergebnisse auf weitere Bereiche.....	48
7.	Anhang	VIII
7.1.	Suchanfragenliste.....	IX
7.2.	PRISMA-Flowchart.....	XI
7.3.	Interview-Leitfaden	XII
7.4.	Liste kontaktierter Experten	XV
7.5.	Auswertungstabelle der Vorversuche in Verdünnungsstufen.....	XVI
7.6.	Transkript des Interviews mit Frau Dr. Antje Weimann.....	XVII
7.7.	Transkript des Interviews mit Frau Dr. Jutta Sieb	XXVII
7.8.	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen	XXXIV
7.8.1.	Brokkoli.....	XXXIV
7.8.2.	Rucola.....	XXXVI
7.8.3.	Himbeeren	XXXVIII
	Eidesstattliche Erklärung.....	XL

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Postmortale Organtransplantationen in Deutschland 2022. Dargestellt nach Kreuter & Waage (2023).	5
Abbildung 2: Empfehlungen für Lebensmittelhygiene von BMEL, 2020 und Lebensmittelverband, 2017	12
Abbildung 3: Versuchsreihen zur Ermittlung der koloniebildenden Einheiten pro Gramm des Testkeims.....	23
Abbildung 4: Ablauf der Dekontaminationsuntersuchungen	28
Abbildung 5: Verdünnungsreihe auf PC- (gelben) und VRBG- (roten) Agarplatten, hier nach Behandlung mit Tafelessig. In der höchsten Verdünnungsstufe sind kondensierte Wassertropfen zu erkennen.....	29
Abbildung 6: Koloniebildende Einheiten (Gesamtkeimzahl und Enterobacteriaceae) vor und nach den verschiedenen Reduktionsbehandlungen des Brokkolis.	36
Abbildung 7: Koloniebildende Einheiten (Gesamtkeimzahl und Enterobacteriaceae) vor und nach den verschiedenen Reduktionsbehandlungen des Rucolas.	37
Abbildung 8: Koloniebildende Einheiten (Gesamtkeimzahl und Enterobacteriaceae) vor und nach den verschiedenen Reduktionsbehandlungen der Himbeeren.	38
Abbildung 9: Vergleich der Dekontaminationsmittel bezüglich der GKZ	39
Abbildung 10: Vergleich der Dekontaminationsmittel bezüglich der EBZ.....	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: RKI-Empfehlungen zur keimarmen Ernährung. Dargestellt nach Uhrig, 2017.	11
Tabelle 2: Entwicklung der Suchstrategie.	18
Tabelle 3: Menge Pepton-E. coli-Lösung auf die ausgewählten Lebensmittel und Menge Testkeim pro Gramm der Proben.....	24

Abkürzungsverzeichnis

DGEM	Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin
DGHO	Deutsche Gesellschaft für Hämatologie und medizinische Onkologie
DKG	Deutsche Krebsgesellschaft
EBZ	Enterobacteriaceaezahl
E. coli	Escherichia coli
ESPEN	European Society for Clinical Nutrition and Metabolism
FAO	Food and Agriculture Organization
FDA	Food and Drug Administration
GKZ	Gesamtkeimzahl
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points
KbE/g	Koloniebildende Einheiten pro Gramm
PC-Agar	Plate-Count-Agar
RKI	Robert-Koch-Institut
VRBG-Agar	Violet-Red-Bile-Glucose-Agar
WHO	World Health Organization
YOPI	Young, Old, Pregnant, Immunosuppressed

Hinweis zum Gendern: Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich immer gleichermaßen auf weibliche, männliche und diverse Personen. Auf eine Doppelnennung oder gegenderte Bezeichnungen wird zugunsten der besseren Lesbarkeit verzichtet.

Abstract (Deutsche Fassung)

Hintergrund:

Sowohl Festorgan- als auch Stammzelltransplantierte sind für den Rest ihres Lebens immunsupprimiert und daher anfälliger für Infektionen.

Die Empfehlungen für eine keimarme Ernährung basieren darauf, dass die in ihr ausgeschlossenen Lebensmittel Pathogene enthalten können und so das Risiko einer lebensmittelinduzierten Infektion weitestgehend minimiert wird. Jedoch variieren die Fachmeinungen zur Effektivität keimarmer Ernährung.

Methode:

In dieser Arbeit wird mithilfe einer Literaturrecherche und Experteninterviews beleuchtet, inwiefern die keimarme Ernährung sich zur Infektionsvermeidung bei Transplantierten eignet. Außerdem wird durch Experimente ermittelt, inwiefern sich chemische Dekontamination zur Reduktion des verwendeten Testkeims *E. coli* auf roh verzehrtem Obst und Gemüse eignet, um diese für Transplantierte wieder zu einem sicheren Lebensmittel zu machen.

Ergebnisse:

Aus Literatur- und Expertensicht wird der Ausschluss potenziell keimbelasteter Lebensmittelgruppen zur Infektionsvermeidung immer weniger streng gesehen; viel relevanter ist eine korrekte Hygiene im Lebensmittelumgang. Die untersuchten chemischen Dekontaminationsmethoden konnten die *E. coli*-Belastung nicht signifikant reduzieren.

Fazit:

Nur bei individuell auf die Immunlage des Patienten abgestimmter, ärztlich festgestellter Notwendigkeit sollten potenziell keimbelastete Lebensmittel aus dem Speiseplan genommen werden. Chemische Dekontamination eignet sich aufgrund der nicht ausreichend keimreduzierenden Wirkweise und der durch falsche Anwendung ausgehenden Gefährdungen nicht als Maßnahme, um frisches Obst und Gemüse bei einer kritischen Immunlage wieder als sicheres Lebensmittel in den Speiseplan inkludieren zu können.

Abstract (English version)

Background:

Both solid organ and stem cell transplant recipients are immunosuppressed for life, making them more susceptible to infections. Recommendations for a low-germ diet are based on the exclusion of foods that may contain pathogens, thus minimizing the risk of foodborne infections. However, expert opinions on the effectiveness of a low-germ diet vary.

Method:

This study examines the suitability of a low-germ diet for infection prevention in transplant recipients through a literature review and expert interviews. Additionally, experiments are conducted to assess the efficacy of chemical decontamination in reducing the test pathogen *E. coli* on raw fruits and vegetables, aiming to make these foods safe for transplant recipients.

Results:

According to literature and expert opinions, the exclusion of potentially contaminated food groups for infection prevention is increasingly seen as less critical; proper hygiene in food handling is considered much more important. The chemical decontamination methods tested did not significantly reduce *E. coli* contamination.

Conclusion:

Excluding potentially contaminated foods from the diet should only be done when medically necessary and customized to the patient's specific immune status. Chemical decontamination is not suitable for making fresh fruits and vegetables safe for inclusion in the diet of immunocompromised individuals due to its insufficient effectiveness in reducing pathogens and the potential hazards from improper application.

1. Einleitung

Eine Transplantation von festen Organen oder Blutstammzellen ist ein lebensverändernder Eingriff für die Spender und Empfänger und bringt vielfältige Folgen mit sich. Insbesondere bei den Empfängern kann sowohl die körperliche als auch die psychische Genesungsphase lange andauern. Immunsupprimiert bleiben die Festorgantransplantationspatienten ein Leben lang, um eine körpereigene Abstoßung des Transplantats zu verhindern, und die Blutstammzellempfänger insbesondere während der Neubildung des Immunsystems. Aufgrund der Immunsuppression sind Transplantationspatienten anfälliger für Infektionen, welche es zu minimieren gilt.

Im Bereich der Ernährung gibt es daher verschiedene Ansätze keimarmer Ernährungsformen, die das Ziel einer möglichst geringen Exposition an pathogenen Erregern verfolgen. Sie beziehen sich sowohl auf die Lebensmittelgruppen selbst als auch auf Empfehlungen zu einem sicheren Lebensmittelumgang. Teilweise schränken diese infektionspräventiven Ansätze die Lebensmittelauswahl der Patienten jedoch stark ein, was unter anderem zu Nährstoffmängeln oder einer Verringerung des psychischen oder körperlichen Wohlbefindens führen kann.

Ob durch chemische Dekontaminationsmaßnahmen ausgeschlossene Lebensmittel wieder sicher verzehrt und in den Speiseplan immunsupprimierter Patienten aufgenommen werden könnten, ist bislang nicht hinreichend erforscht worden. Jedoch könnte durch die Ausweitung des Spektrums erlaubter Lebensmittel das Wohlbefinden der Patienten verbessert werden.

2. Hintergrund

2.1. Organtransplantationen

Die Transplantation fester Organen hat sich von einem experimentellen Ansatz im 20. Jahrhundert zu einer mittlerweile etablierten Behandlungsmethode entwickelt. In den letzten Jahrzehnten hat sie rasante Fortschritte gemacht, sodass mittlerweile eine Vielzahl verschiedener Organe, wie die Leber, die Nieren, das Herz, die Lunge, Teile des Darms und die Bauchspeicheldrüse in den Spenderpool aufgenommen werden konnten. All diese Organtransplantationen zählen zu den sogenannten Festorgantransplantationen. Auch die notwendige Immunsuppressionstherapie (siehe 2.2.) zur Verhinderung der Abstoßung des Transplants wurde stetig verbessert, um das kurz- sowie langfristige Transplantatüberleben zu unterstützen. (Black, Termanini, Aguirre, Hawksworth, & Sosin, 2018)

Eine Organtransplantation ist in Deutschland entweder als Lebendspende oder als postmortale Spende möglich. Bei einer Lebendorganspende wird ein Organ eines lebenden Menschen auf einen Patienten übertragen. Dies ist nur zulässig, wenn sich die spendende und die empfangende Person nahestehen, wie etwa durch ein Verwandtschafts- oder enges Beziehungsverhältnis. Diese Voraussetzung wurde zur Verhinderung von Organhandel getroffen. (Organspende-Info, 2024) Bei der postmortalen Spende dürfen Organe nur entnommen werden, wenn die verstorbene Person zu Lebzeiten einer Organspende zugestimmt hat, zum Beispiel auf einem Organspendeausweis oder in einer Patientenverfügung. Ist im Todesfall der Wille nicht bekannt, werden die Angehörigen nach einer Entscheidung im Sinne des Verstorbenen gefragt. Voraussetzung für eine postmortale Organspende ist, dass die gesamten Hirnfunktionen unumkehrbar erloschen sind (auch bekannt als Hirntod). Ein Höchstalter gibt es für Organspenden nicht. (Organspende-Info, 2024)

In Deutschland wurden im Jahr 2022 rund 2.800 feste Organe postmortal transplantiert (siehe Abbildung 1). Dabei stellte die Nierentransplantation den häufigsten Eingriff dar, gefolgt von der Lebertransplantation. (Kreuter & Waage, 2023)

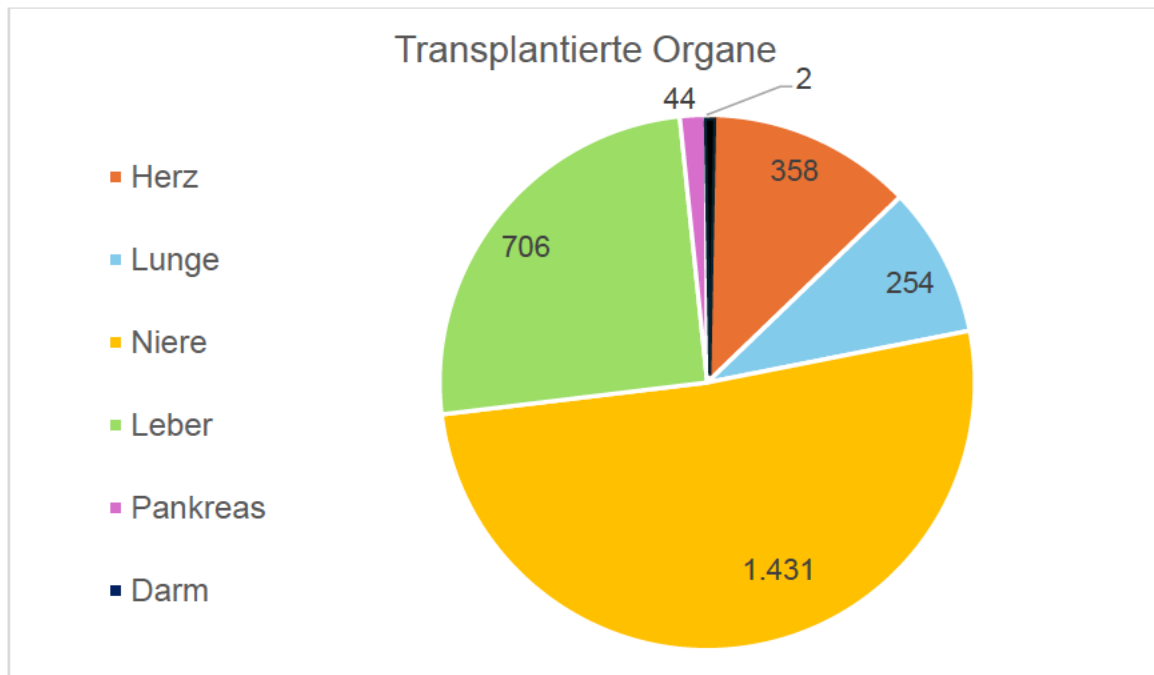


Abbildung 1: Postmortale Organtransplantationen in Deutschland 2022. Dargestellt nach Kreuter & Waage (2023).

Neben festen Körperorganen können zudem flüssige Organe transplantiert werden, was beispielsweise bei der Stammzellspende geschieht. Diese kann bei bösartigen Bluterkrankungen wie Leukämie notwendig sein, wenn die körpereigenen blutbildenden Zellen nicht mehr ausreichend vorhanden sind. 2022 wurden 6.835 Stammzellspenden durchgeführt (ZKRD, 2024), was mehr als der doppelten Menge der Festorgantransplantationen entsprach.

2.2. Transplantationsimmunologie

Im Anschluss an Festorgantransplantationen werden den Patienten immunsuppressive Medikamente verabreicht, welche verhindern sollen, dass das als fremdes Gewebe erkannte Transplantat vom körpereigenen Immunsystem bekämpft wird.

Da die Gefahr einer solchen Abstoßungsreaktion des Körpers kurz nach der Transplantation am höchsten ist, ist auch die Medikamentendosis in dieser Zeit am höchsten eingestellt. Individuell auf Gesundheitszustand und -entwicklung der Patienten abgestimmt, wird im Anschluss die Dosis der Immunsuppressiva im Rahmen einer Erhaltungstherapie auf ein erforderliches Minimum reduziert.

Da eine spezifische Hemmung bestimmter, möglicherweise nur das Transplantat angreifender Antikörper nicht möglich ist, werden Immunsuppressiva gewählt, welche das gesamte Immunsystem hemmen und Neutrophilen minimieren. Die Hemmung der gesamten Immunabwehr stellt jedoch eine höhere Anfälligkeit der Patienten für Infektionen durch Viren, Bakterien und Pilze dar, da die Neutrophilen normalerweise für die Bekämpfung mikrobieller

Erreger zuständig sind. (Bischoff, 2017) Der Zustand der Patienten mit einer geringeren Anzahl an Neutrophilen (ab weniger als 1.500 Neutrophilen pro μl Blut) wird als Neutropenie bezeichnet. (Zeidler, 2024)

Bei Stammzellspenden haben die Patienten im Gegensatz zu Festorgantransplantationen nicht nur eine medikamentös induziert geringere Immunabwehr, sondern bis zu dem Zeitpunkt, an dem die neue Blutbildung wieder einsetzt, überhaupt keine. Durch diese schwere Neutropenie sind sie besonders gefährdet, an Infektionen zu erkranken. (Schneck, 2014)

2.3. Lebensmittelinfektionen bei immunsupprimierten Patienten

Durch die höhere Infektionsanfälligkeit immunsupprimierter Patienten stellen lebensmittelinduzierte Infektionen eine Gefahr dar, welche es zu verhindern gilt.

2.3.1. Vorkommen bakterieller Infektionen

Bakterien können Erkrankungen verschiedenster Organe hervorrufen, etwa der Haut, der Atem- und Harnwege oder des Magen-Darm-Trakts. Bei YOPIs liegen die Risiken invasiver Infektionen und schwerer Durchfälle hierbei deutlich erhöht. So können das Leben der Patienten und bei Festorgantransplantationen das Überleben des Transplantats gefährdet sein, wenn es zu bakteriellen Infektionen kommt. (Bogaart, 2022)

Die Swiss Transplant Cohort Study (STCS) dokumentiert seit 2008 alle Festorgantransplantationen in der Schweiz, um sowohl Kurz- als auch Langzeitabschätzungen treffen zu können (STCS, 2024). So wurde auch das Vorkommen bakterieller Infektionen nach Transplantationen sowie deren Folgen untersucht.

Bei 4.405 eingeschlossenen Transplantationsfällen wurden 151 mikrobiologisch bestätigte bakterielle Lebensmittelinfektionen ermittelt. 131 der Fälle wurden auf den Erreger *Campylobacter spp.*, 15 auf *Salmonella*, ein Fall auf *Shigella spp.*, zwei Fälle auf *Yersinia spp.* und zwei Fälle auf *Listeria monocytogenes* zurückgeführt. Außerdem wurden bei zwei der *Salmonella*- und einer der *Campylobacter*-Infektionen zusätzliche Infektionen durch *E. coli* nachgewiesen. Die Hälfte der Infektionen musste im Krankenhaus auf Intensivstationen behandelt werden. 8,0 % der Patienten erlitten durch die Infektionen ein Transplantatversagen, 6,6 % verstarben an der Infektion, wobei bei diesen alle noch ein funktionierendes Transplantat hatten. Die Infektionen fanden durchschnittlich 1,57 Jahre nach der Organtransplantation statt, was noch in dem Zeitraum der Erhaltungstherapie mit Immunsuppressiva lag. (Bogaart, 2022)

Auch in Deutschland wird aktuell eine Kohortenstudie zum Infektionsgeschehen nach Transplantationen durchgeführt, jedoch sind noch keine ausreichenden Ergebnisse verfügbar. (Karch, et al., 2021)

Bakterielle Infektionen bei Patienten nach Stammzellspende wurden von Boyle et al untersucht. Dies umfasste alle Stammzellspendenpatienten von 2001 bis 2011 am Fred Hutchinson Cancer Research Center in Seattle, Washington, innerhalb ihres ersten Jahres nach der Transplantation. Zwölf der insgesamt 4.069 Patienten (0,3 %) erlitten eine bakterielle Lebensmittelinfektion. Von diesen wurden fünf auf Infektionen mit *Campylobacter jejuni/coli* zurückgeführt, drei auf *Yersinia*, zwei auf *Salmonella* und zwei auf *Listeria*. Es wurden keine Todesfälle durch bakterielle Lebensmittelinfektionen verzeichnet. So sind lebensmittelbedingte Infektionen als seltene Komplikation nach Stammzelltransplantationen einzuordnen. (Boyle, et al., 2014)

Infektionen mit Viren oder Pilzen stellen ebenfalls eine Gefahr für Transplantationspatienten dar, jedoch beschränkt sich die vorliegende Arbeit auf bakterielle Erreger, da die Betrachtung weiterer Erreger im Rahmen dieser Abschlussarbeit zu umfänglich wäre.

2.3.2. Escherichia coli

E. coli sind das am besten erforschte Bakterium und gehören zu den Enterobakterien. Sie sind gramnegativ, nicht sporenbildend und fakultativ aerobe Stäbchen. Einige Stämme kommen zudem in der natürlichen Flora der Ileums und des Colons des Menschen vor. Andere Stämme sind hingegen pathogen und bilden eine Zellstruktur, die die Anheftung sowie Besiedelung des Dünndarms erlaubt. Außerdem können sie ein Enterotoxin bilden, welches lebensbedrohliche Durchfall- oder Nierenerkrankungen auslösen kann. (Madigan & Martinko, 2009, S. 395ff)

Auf Grundlage der Toxine, die sie bilden, und dem Krankheitsbild, welches sie verursachen, werden die über 200 bekannten pathogenen *E. coli*-Stämme in verschiedene Kategorien unterteilt:

Enterohämorrhagische *E. coli* (EHEC)

Der bekannteste und gefährlichste EHEC-Stamm ist *E. coli* O157:H7, welcher nach oraler Aufnahme im Darm wächst und Shigatoxine bildet, die zu blutigem Durchfall (Hämorrhagie) und Nierenversagen führen können. EHEC verursacht so regelmäßig Todesfälle durch nahrungsmittelbedingte Infektionen. Das Pathogen ist zudem die führende Ursache von Nierenversagen bei Kindern. (Madigan & Martinko, 2009)

Die meisten Ausbrüche von Lebensmittelinfektionen durch *E. coli* O157:H7 entstehen durch den Verzehr von nicht durchgegartem Rindfleisch oder Milchprodukten, jedoch stellen auch Sprossen oder frischer Salat eine mögliche Ausbruchsquelle dar. Die Kontamination von Sprossen oder Salat kann beispielsweise dann zustande kommen, wenn Rinder Kontakt mit dem Anbaufeld hatten oder mit ihren nicht richtig kompostierten Exkrementen das Feld gedüngt wird, da das Bakterium im Rinderdarm lebt. Auch Arbeitskräfte in der Verarbeitungskette können Quelle einer EHEC-Kontamination sein, insbesondere bei mangelnder Hygiene. (Beuchat, 1998)

Enterotoxische *E. coli* (ETEC)

ETEC-Stämme produzieren Durchfälle auslösende Enterotoxine, welche auch als „Reisedurchfälle“ in Ländern des globalen Südens bekannt sind; eine häufige Darminfektion, die meist durch kontaminiertes Wasser zustande kommt. Außerdem werden ETEC oft über frisches Gemüse wie Salat übertragen. (Madigan & Martinko, 2009, S. 1072ff)

Enteropathogene *E. coli* (EPEC)

EPEC-Stämme verursachen meist bei Säuglingen und Kleinkindern Durchfallerscheinungen und Bauchkrämpfe. Es kommt jedoch nicht zu einer invasiven Infektion oder zur Bildung von Toxinen (Madigan & Martinko, 2009, S. 1072ff). Die Übertragung erfolgt oft bei mangelnder Hygiene von Mensch zu Mensch, da EPEC-Bakterien von infizierten Menschen in großen Mengen ausgeschieden werden. Mangelnde Wasser- und Lebensmittelhygiene sind hier ebenfalls ausschlaggebend. (Növer & Antwerpes, 2024)

Frisches Gemüse wie Radieschen oder Sprossen sind häufig mit EPEC kontaminiert und führen, da sie meist bei der Lebensmittelzubereitung nicht durcherhitzt werden, ebenfalls zu Infektionen. (Kaushik, 2020)

Enteroinvasive *E. coli* (EIEC)

Diese Stämme verursachen invasive Erkrankungen des Dickdarms, bei denen sie durch Phagocytose aufgenommen werden und in die körpereigenen Zellen eindringen. Sie führen zu wässrigen und/oder blutigen Durchfällen. (Madigan & Martinko, 2009, S. 1072ff)

Die Infektionsdosis von EHEC der Serogruppe O157 ist mit 10-100 Bakterien sehr gering (RKI, EHEC-Erkrankung, 2011). Die Infektionsdosen der anderen pathogenen *E. coli*-Arten liegen höher, bei EPEC beträgt die Dosis bei gesunden Erwachsenen zum Beispiel 10^8 bis 10^{10} Bakterien, wobei sie bei YOPIs geringer ist (Növer & Antwerpes, 2024).

2.3.3. Lebensmittelsicherheitsverhalten nach Transplantationen

International gibt es viele verschiedene Empfehlungen und Hinweise zum Lebensmittelumgang nach Transplantationen (siehe 2.4.1). Allerdings liegt die Lebensmittelsicherheit in den Händen der Anwender. Um das tatsächlich korrekt umgesetzte Lebensmittelsicherheitsverhalten von Transplantierten zu evaluieren, wurden von der STCS 197 Festorgantransplantierte befragt. 67,9 % von ihnen setzten alle Empfehlungen zur Hygiene und sicherem Lebensmittelumgang um. Dieser umfasste zum Beispiel das Vermeiden von Kreuzkontamination. Von allen Befragten erlitten 8 % in der Zeit nach der Transplantation durchschnittlich 1,5 Jahre nach dem Eingriff eine Infektion durch mikrobielle Krankheitserreger. Bei allen bakteriellen Infektionen (vier Infektionen mit *Campylobacter gastroenteritis*, eine Infektion mit *Salmonella bacteremia* mit septischer Arthritis) waren Behandlungen mit Antibiotika notwendig. (Lindup M, 2019)

Es ließ sich retrospektiv ermitteln, dass alle Personen mit mikrobiellen Infektionen keine korrekte Lebensmittelhygiene umgesetzt hatten. Daraus lässt sich zusammenfassen, dass etwa ein Viertel der Personen nach einer Organtransplantation, welche keine korrekte Lebensmittelhygiene angewendet hatten, anschließend von lebensmittelbezogenen Infektionen betroffen war.

2.4. Kontroverse der keimarmen Ernährung

Die S3-Leitlinie Klinische Ernährung in der Chirurgie der Deutschen Gesellschaft für Ernährungsmedizin empfiehlt in Empfehlung 36: „Im Rahmen der Verlaufskontrolle nach Transplantation soll der Ernährungsstatus mitbeobachtet werden. Für diese Patienten soll

eine Ernährungsberatung angeboten werden.“ Dies ist damit begründet, dass die ernährungsmedizinischen Parameter mit dem Outcome der Transplantation korrelieren. (DGEM, 2023)

Jedoch ist die Datenlage für spezifische Empfehlungen keimarmer Ernährungsformen unbefriedigend.

2.4.1. Keimarme Ernährungsformen

In den 1960er und 1970er Jahren, als sich die Transplantation zu einem medizinischen Routineverfahren entwickelte, wurden Transplantationspatienten zur Infektionsvermeidung ausschließlich mit autoklavierten, sterilen Lebensmitteln versorgt und in vollständig isolierten Umgebungen untergebracht. Mit der Zeit zeigte sich jedoch ein Bedarf an offeneren Ernährungsoptionen, da die sterilen Lebensmittel weder ernährungsphysiologisch abwechslungsreich noch geschmacklich ansprechend waren. So wurde die neutropenische Ernährung, auch keimarme Ernährung genannt, entwickelt, welche im Wesentlichen bestimmte Lebensmittelgruppen, insbesondere rohes Obst und Gemüse, die Bakterien enthalten können, ausschließt. Ziel dieser Ernährungsform ist es, potenzielle Krankheitserreger auf den Lebensmitteln ausreichend zu reduzieren, um das Risiko einer lebensmittelinduzierten Infektion zu minimieren (Moody, 2019). Heutzutage wird die keimarme Ernährung bei Patienten angewendet, deren Wert an Neutrophilen im Blut unter 2.000 Zellen pro Mikroliter liegt (Karavelioglu, Dayi, & Hacet, 2023), was sich im unteren Durchschnitt der Normalwerte von Erwachsenen befindet (1.800–7.000/ μ l Blut) (FernArzt, 2022).

Nach der Definition des Robert-Koch-Instituts (RKI) ist ebenjene keimarme Ernährung eine „explizite Vermeidung jeglicher Nahrungsmittel, die über eine Kontamination mit und Übertragung von fakultativ pathogenen oder opportunistischen Mikroorganismen Infektionen bei immunsupprimierten Patienten auslösen können.“ (RKI, 2021) Jedoch gibt es mehrere Varianten keimarmer Ernährungsweisen, insbesondere in Bezug auf die konkreten Umsetzungsformen. So umfassen die Empfehlungen zur keimarmen Ernährung mal das Auslassen von nicht schälbarem Obst und Gemüse, gereiftem Käse, Wurstwaren, Fast Food und außer Haus zubereitetem Essen. Mal werden zusätzlich Nüsse, Joghurt, nicht erhitzte Gewürze und Leitungswasser ausgeschlossen (Schmidt & Erickson, 2022).

Im Folgenden sind die aktuellen vom RKI ausgesprochenen Empfehlungen zur keimarmen Ernährung zur Infektionsprävention dargestellt:

Tabelle 1: RKI-Empfehlungen zur keimarmen Ernährung. Dargestellt nach Uhrig, 2017.

Empfohlen	Nicht empfohlen
<u>Fleisch</u> : ausreichend erhitzt (Kerntemperatur über 70° C)	<u>Fleisch</u> : roh oder nicht ausreichend erhitzt
<u>Fisch</u> : ausreichend erhitzt (Kerntemperatur über 70° C)	<u>Fisch</u> : roh oder nicht ausreichend erhitzt
<u>Milchprodukte</u> : pasteurisiert oder ultrahocherhitzt	<u>Milchprodukte</u> : probiotische Lebensmittel, Produkte aus nicht-pasteurisierter Milch (Rohmilchprodukte)
<u>Gemüse</u> : gewaschen und geschält, Tofu und Sojaprodukte durchgegart	--
--	<u>Salat</u> : nicht empfohlen, ebenso Salatbars nicht
<u>Früchte</u> : gewaschen und geschält (Beeren sollten in einer Phase hochgradiger Immunsuppression gewaschen und gekocht werden)	--
<u>Nüsse</u> : erhitzt, vakuumverpackt, geschält	--
<u>Eier und Eiprodukte</u> : pasteurisiert oder ausreichend gekocht (über 8 min)	<u>Eier und Eiprodukte</u> : roh oder nicht ausreichend erhitzt
<u>Saucen und Dressings</u> : abgepackte Einzelportionen	<u>Saucen und Dressings</u> : offene Mehrportionspackungen
<u>Gewürze</u> : erhitzt, also vor dem Kochen/Braten verwendet	<u>Gewürze</u> : nicht durcherhitzt
<u>Wasser</u> : mikrobiologisch kontrolliertes Mineralwasser in Flaschen	<u>Wasser</u> : Leitungswasser, wenn ungefiltert oder nicht ausreichend erhitzt
--	Außerdem: Samen aller Art, gekeimte Getreidekörner, Sojasauce

Ebenso umfasst eine keimarme Ernährung eine ausreichende Lebensmittelhygiene. Die Bestandteile dieser sind folgend aufgeführt:

Vermeidung von Verunreinigung der Lebensmittel:

- Haustiere von Speisen fernhalten
- Auf persönliche Hygiene achten (saubere Kleidung, saubere Hände und Fingernägel, ggf. Haare zusammenbinden und Schmuck ablegen)
- Das Berühren von Mund, Nase und Haaren während der Speisenzubereitung vermeiden
- Lebensmittel eher mit sauberem Besteck als mit bloßen Händen zubereiten

Vermeidung von Kreuzkontamination:

- Gegarte Lebensmittel nicht mit Küchenutensilien in Kontakt kommen lassen, die vorher mit rohen Lebensmitteln in Kontakt waren
- Für das Verarbeiten von Fleisch ein anderes Schneidebrett verwenden als für Obst und Gemüse
- Küchenhandtücher, -lappen und -schwämme regelmäßig wechseln und waschen
- Nach Kontakt mit rohen Lebensmitteln Hände gründlich waschen

Temperaturhinweise:

- Die Kühltette einhalten, auf das Verbrauchsdatum und weitere Lagerungshinweise achten
- Speisen sprudelnd aufkochen bzw. durchgaren
- Rohkost wie Obst oder Gemüse gründlich waschen und ggf. schälen
- Speisen nicht länger als zwei Stunden warmhalten
- Speisen zur Aufbewahrung schnellstmöglich auf Kühlschranktemperatur abkühlen

Abbildung 2: Empfehlungen für Lebensmittelhygiene von BMEL, 2020 und Lebensmittelverband, 2017

2.4.2. Divergierende Meinungen zur keimarmen Ernährung

Die Standpunkte deutscher und internationaler Fachgesellschaften bezüglich einer keimarmen Ernährung variieren stark. So spricht die Deutsche Krebsgesellschaft (DKG) bezogen auf die Stammzellspende Empfehlungen aus, welche einer strengen keimarmen Ernährung zugeordnet werden können. Dabei wird zwischen „keimfreier“ Ernährung in der Neutropeniephase und „keimreduzierter“ Ernährung in der Regenerationsphase der Leukozyten unterschieden. (Schmidt & Erickson, 2022) Die Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin (DGEM) hingegen erwähnt die keimarme Ernährung zwar nicht explizit, spricht jedoch aus: „Diätvorschriften, die die Nahrungsaufnahme limitieren können, sind potenziell schädlich und sollten vermieden werden.“ (Volkert, et al., 2013) Das RKI und die European Society for Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN) sprechen sich sogar aufgrund der mangelnden Evidenzlage und der damit einhergehenden Lebenseinschränkungen durch eine keimarme Ernährungsform eindeutig dagegen aus. Die Deutsche Gesellschaft für Hämatologie und medizinische Onkologie (DGHO) vertritt den Standpunkt, dass die Ernährung von Patienten mit einem geschwächten Immunsystem individueller entschieden werden sollte und evidenzbasierte Schulungsprogramme für alle Beteiligten hilfreich wären. (Schmidt & Erickson, 2022)

Es zeigt sich: Die Diskussion über die keimarme Ernährung ist kontrovers und es gibt keinen klaren Konsens. Um die Umsetzung keimarmer Ernährungsempfehlungen in der Praxis der Transplantationen zu erfassen, erschien es daher zusätzlich notwendig, mit Experten aus diesen Fachgebieten persönlich zu sprechen und die individuellen Standpunkte zu erfassen (siehe 4.2).

2.5. Dekontaminationsmethoden für Obst und Gemüse

Dekontaminationsmethoden für Obst und Gemüse sind vielfältig und dienen dazu, die Keimbelastung von Lebensmitteln zu minimieren, um die Sicherheit für den Verzehr zu erhöhen. Im Folgenden sind die gängigsten Dekontaminationsmethoden für Obst und Gemüse aufgezeigt.

Leitungswasser

Eine klassische Hygienemethode in der Lebensmittelzubereitung ist das Abspülen mit Leitungswasser, wodurch die Keime mechanisch abgetragen werden. Jedoch ist eine vollständige Entfernung aller Krankheitserreger hierdurch nicht möglich, da diese teilweise fest an der Oberfläche haften oder in deren Poren sind. (BfR, 2020)

Säuren

Einige lebensmittelbezogene, humanpathogene Keime können nicht unter einem pH-Wert von 4,0 wachsen. Eine pH-Absenkung durch Behandlung mit Säuren kann gegen diese Keime wirksam sein, da diese zur Denaturierung der bakteriellen Zellstrukturen führt. Kapinar et al. (1992) untersuchten, inwiefern pathogene Bakterien auf Blattsalat durch Behandlung mit Essig oder Essigsäure reduziert werden können, Zhang et al. (1996) untersuchten die Behandlung mit Milchsäure. Die Ergebnisse von Milchsäure und Essigsäure ähnelten sich in der Wirksamkeit, beide konnten die Bakterienzahl signifikant reduzieren. Essig ist dabei für Privathaushalte besonders einfach und kostengünstig zu erwerben¹ sowie leicht in der Handhabung. In den lebensmittelüblichen Konzentrationen (bspw. Tafelessig: 5-10 % Säuregehalt) ist er nicht gesundheitsschädlich, kann jedoch das Aroma oder die Textur der behandelten Lebensmittel verändern. In höheren Konzentrationen können sowohl Essig- als auch Milchsäure bei Haut- oder Augenkontakt ätzend wirken. (Beuchat, 1998)

Essigsäure (E260) und Milchsäure (E270) sind in der EU nach der Verordnung EG Nr. 1333/2008 als Zusatzstoffe in Lebensmitteln und demnach auch für den Kontakt mit Lebensmitteln zugelassen.

Ozon

Ozon wird seit geraumer Zeit als Aufbereitungsmittel für Trinkwasser verwendet, um Mikroorganismen abzutöten. Ozon wirkt auf Bakterien letal, indem es durch oxidative Schädigung die Zellen angreift. Es zerstört Zellmembranen, inaktiviert Enzyme und ist aufgrund seiner hohen Reaktivität schnell wirksam gegen eine Vielzahl von Bakterienarten. Horvath et al. (1985) belegten, dass frisches Obst (getestet an Orangen, Erdbeeren, Himbeeren, Weintrauben, Äpfel und Birnen) länger frisch und mikrobiell unbeschädigt bleibt, wenn es mit Ozon behandelt wurde. (Beuchat, 1998)

Da Ozonmoleküle instabil sind, müssen sie unmittelbar vor der Verwendung generiert werden, was in Privathaushalten nicht möglich ist. Zudem wirken sie toxisch und können Husten, Atemwegsreizungen und -entzündungen verursachen. Bei Langzeitkontakt kann zudem das Risiko der Entwicklung von Asthma-Erkrankungen und Lungeninfektionen steigen. (Zhang, Wei, & Fang, 2019)

¹ Tafelessig kostet etwa 0,55 € pro Liter (Konsum, 2024), hingegen Milchsäure etwa 8,95 € pro Liter (FurthChemie, 2024), Wasserstoffperoxid etwa 9,85 € pro Liter (Basiqidental, 2024) und Natriumhypochlorit etwa 3,00 € pro Liter (ioT-Pool, 2024).

Ozon ist in der EU nach der Durchführungsverordnung EU 2023/1078 als Biozid für Lebens- und Futtermittel zugelassen.

Chlor und Hypochlorite

Chlor wird als Aufbereitungsmittel für Wasser und Abwasser sowie als Hygienemittel für Lebensmittelverarbeitungsgeräte und Oberflächen verwendet. Außerdem wird es in der Lebensmittelindustrie in Spray-Form, als Waschmittel oder in Rinnenwasser zur Reinigung von rohem Obst und Gemüse eingesetzt. Hierbei werden entweder flüssiges elementares Chlor oder Arten von Hypochlorit verwendet. Diese haben durch ihre oxidative Wirkung sowie die bei Dissoziation in Wasser entstehenden freien Chlor-Radikale einen destruktiven Effekt auf die Zellstrukturen der Mikroorganismen (Beuchat, 1998). Mazollier (1988) untersuchte Chlor zur Bekämpfung aerober Mikroorganismen und fäkaler coliformer Keime auf Blattsalat, und es konnte eine signifikante Reduktion der Keime aufgrund der Behandlung festgestellt werden. (Beuchat, 1998)

Chlor und Hypochlorite sind zwar für Privatpersonen frei verkäuflich, jedoch wirkt Chlor schleimhautreizend und kann bis hin zu Bluthusten und Erstickungserscheinungen führen. Auf der Haut kann es reizend und ätzend wirken (GESTIS-Stoffdatenbank, Chlor, 2024). Natriumhypochlorit reagiert mit Säuren und Oxidationsmitteln teils sehr stark unter hoher Hitzeentwicklung und Freisetzung von Chlorgas (GESTIS-Stoffdatenbank, 2024).

Natriumhypochlorit ist nach der Durchführungsverordnung EU 2017/1273 in der EU als Biozid im Lebens- und Futtermittelbereich zugelassen.

Wasserstoffperoxid

Wasserstoffperoxid kann durch seine oxidative Wirkung einen letalen oder inhibitorischen Einfluss auf Mikroorganismen haben, weswegen es sich ebenso als chemisches Dekontaminationsmittel für Obst und Gemüse eignet. Saper (1996) belegte, dass eine Wasserstoffperoxidbehandlung von Obst (getestet an Himbeeren, Erdbeeren, Weintrauben, Honigmelonen) und Gemüse (getestet an geschnittenem Salat, Zucchini, Gurke und Paprika) signifikant die Bakterienmenge von *Pseudomonas tolaasii* auf dem jeweiligen Lebensmittel reduzieren konnte. Bei der Behandlung mit Wasserstoffperoxid konnten sensorische Veränderungen der Lebensmittel beobachtet werden, wie ein Ausbleichen der Beeren und ein Bräunen des Salats. Bei den anderen Lebensmitteln wurde keine sensorische Auswirkung beobachtet. (Beuchat, 1998)

Bei Kontakt kann Wasserstoffperoxid eine reizende bis ätzende Wirkung auf die Haut und

Schleimhäute haben und im Extremfall beim Einatmen oder Verschlucken zu Lungenschädigung führen. (GESTIS-Stoffdatenbank, 2024)

Wasserstoffperoxid ist in der EU nach der Verordnung EU 2015/1730 als Wirkstoff zur Verwendung von Biozidprodukten im Lebens- und Futtermittelbereich zugelassen.

2.6. Forschungslücke und Zielsetzung der Arbeit

Organtransplantationspatienten sind aufgrund der Immunsuppression besonders gefährdet, Infektionen zu erleiden. Eine mögliche Strategie zur Reduktion dieses Infektionsrisikos besteht in der keimarmen Ernährung, welche darauf abzielt, die Aufnahme von pathogenen Mikroorganismen über Lebensmittel zu minimieren. Trotz der theoretischen Vorteile einer keimarmen Ernährung ist die Evidenzlage hinsichtlich ihrer tatsächlichen Wirksamkeit und des optimalen Einsatzes begrenzt.

So ergaben sich im Rahmen dieser Abschlussarbeit folgende Forschungsfragen:

Forschungsfrage 1: Inwiefern ist eine keimarme Ernährung zur Infektionsvermeidung bei Organtransplantationspatienten sinnvoll?

Im Rahmen der ersten Forschungsfrage soll ermittelt werden, ob und wie stark eine keimarme Ernährung zur Reduktion von Infektionsrisiken bei Organtransplantationspatienten beitragen kann. Die bereits ermittelte Forschungslücke soll durch Experteninterviews mit medizinischen Fachkräften aus dem Transplantationsbereich verringert werden, um ein klareres Bild der Nützlichkeit einer keimarmen Ernährung für Organtransplantationspatienten aufzuzeigen.

Sollte sich herausstellen, dass eine keimarme Ernährung eine sinnvolle Maßnahme zur Infektionsvermeidung bei Organtransplantationspatienten darstellt, so soll weiterführend der Fokus auf die Lebensmitteldekontamination gelegt werden. Da die keimarme Ernährung mit starken Einschränkungen in der Lebensmittelauswahl einhergeht, soll untersucht werden, inwiefern sich chemische Dekontamination von frischem, roh zu verzehrendem Obst und Gemüse dazu eignet, die Keimbelastung so zu reduzieren, sodass sie trotz der Immunsuppression sicher verzehrt werden können. So könnte der Ernährungsplan von Patienten wieder ernährungsphysiologisch vollwertiger gestaltet werden.

Als Maß der Keimbelastung soll die Untersuchung auf den Erreger *E. coli* fokussiert werden. *E. coli* ist ein weit verbreitetes Bakterium, deren pathogene Stämme schon bei sehr niedriger

aufgenommener Bakterienzahl schwere Infektionen verursachen können, insbesondere bei immungeschwächten Patienten (siehe 2.3.2).

Aus der Beantwortung der ersten Forschungsfrage lässt sich dann die zweite ableiten:

Forschungsfrage 2: Wenn eine keimarme Ernährung zur Infektionsvermeidung von Organtransplantierten als sinnvoll erachtet wird, eignet sich dann die chemische Dekontamination zur Reduktion von *E. coli* als Interventionsmaßnahme? Und welche der Dekontaminationsmethoden eignen sich hierzu am besten?

Diese Fragestellung soll durch experimentelle Untersuchungen beantwortet werden. Ziel soll es sein, verschiedene chemische Dekontaminationsmethoden in Bezug auf ihre Wirksamkeit bei der Reduktion einer *E. coli*-Belastung zu vergleichen. Diese Ergebnisse sollen dazu beitragen, Empfehlungen zur Dekontamination als Teil der Lebensmittelhygiene bei Transplantationspatienten zu entwickeln und somit deren Infektionsrisiko weiter zu minimieren.

Beide Forschungsfragen zielen darauf ab, wichtige Lücken im aktuellen Forschungsstand zu verringern und durch die erlangten Erkenntnisse die Pflege, Betreuung und insbesondere die Entwicklung von möglichen Empfehlungen für Organtransplantationspatienten zu verbessern.

3. Methodik

Für die Untersuchung der beiden Forschungsfragen wurde ein Mixed-Methods-Ansatz gewählt, um das Themengebiet auf umfassende Weise zu beleuchten. Zunächst wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um den aktuellen Forschungsstand bezüglich keimarmer Ernährungsformen nach Transplantationen systematisch und ausführlich zu erfassen. Ergänzend wurden Experteninterviews durchgeführt, um Fachmeinungen zu keimarmer Ernährung aus der Transplantationspraxis zu vergleichen. Zur Evaluation der Wirksamkeit chemischer Dekontamination von rohem Obst und Gemüse zur Reduktion von *E. coli* wurden außerdem Laborexperimente durchgeführt. Die durchgeführten Methoden sind im Folgenden näher erläutert.

3.1. Literaturteil

Anhand der festgelegten ersten Forschungsfrage, welche unter anderem mithilfe einer Literaturrecherche beantwortet werden soll, wurden passende Schlagworte und

Schlüsselbegriffe ermittelt. Um weiterreichende Rechercheergebnisse zu erzielen, wurde die Recherche ebenfalls auf Englisch durchgeführt. Es wurde der Boolesche Operator „UND“ zur Ergänzung der Suchanfragen verwendet. Außerdem wurden bei den Suchanfragen Filter zur Sprache (nur deutsch- oder englischsprachige Texte) und zur Aktualität (Ergebnisse der letzten 10 Jahre) gesetzt, um einen möglichst aktuellen Forschungsstand zu erfassen. Ebenso mussten die Ergebnisse frei oder über die Hochschule für Angewandte Wissenschaften zugänglich sein.

Tabelle 2: Entwicklung der Suchstrategie.

Forschungsfrage	Inwiefern ist eine keimarme Ernährung zur Infektionsvermeidung bei Organtransplantationspatienten sinnvoll?
Zugehörige Schlagworte und Schlüsselbegriffe (deutsch)	Ernährung, (Organ-)Transplantation, Infektion(-svermeidung), Dekontamination, Obst, Gemüse, Lebensmittelinfektion
Zugehörige Schlagworte und Schlüsselbegriffe (englisch)	nutrition, (organ) transplantation, infection (preventing infection), decontamination, fruit, vegetables, foodborne illness
Rechercheplattformen	PubMed, Google Scholar, ScienceDirect, HAW-Katalog

Die vollständige Liste der durchgeführten Suchanfragen findet sich im Anhang (siehe 7.1).

Zur Auswahl der für die Arbeit verwendeten Ergebnisse wurde ein systematischer Ansatz gewählt, welcher durch das PRISMA-Flowchart (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) im Anhang aufgezeigt wird (siehe 7.2). Das Flowchart dokumentiert den gesamten Auswahlprozess, beginnend mit der Identifikation durch umfassende Datenbankrecherchen, über die Vorauswahl und Eignungsprüfung der Ergebnisse bis hin zur finalen Einschlussentscheidung. In die Vorauswahl aufgenommen wurden Studien, deren Titel als passend gewertet wurde.

In der Vorauswahl ausgeschlossene Studien umfassten Dopplungen, nicht zugängliche Publikationen, oder Studien, welche keinen Nutzen zur Beantwortung der Forschungsfrage boten.

Der Ausschluss von Studien nach Erfassen des Volltextes war begründet mit unpassender Methodik, Unvollständigkeit der Studien aufgrund von noch laufender Datenerfassung, Redundanz mit bereits eingeschlossenen Studien, oder für diese Untersuchung nicht relevanten Inhalten.

3.2. Experteninterviews

Um verschiedene Meinungen zu keimarmer Ernährung und der Lebensmittelsicherheit nach Organtransplantationen aus der Praxis zu erfassen, wurden Experteninterviews geführt. Die Methodik der Expertenauswahl, Vorbereitung auf die Interviews sowie die Auswertung dieser sind folgend aufgeführt.

3.2.1. Auswahl der Experten

Um geeignete Interviewpartner zu finden, wurden 14 Transplantationen durchführende Kliniken in Deutschland herausgesucht und jeweils alle infrage kommenden Experten kontaktiert. Diese Experten wurden definiert als alle Transplantationen durchführenden Ober- oder Fachärzte.

Nach Möglichkeit sollte mindestens ein Interview mit einem Experten aus dem Leber- oder Nierentransplantationsbereich durchgeführt werden, da diese Operationen 2022 die häufigsten Transplantationsarten in Deutschland waren. (Kreuter & Waage, 2023)

Die Liste der kontaktierten Kliniken sowie Experten sind im Anhang (siehe 7.4.) zu finden.

Insgesamt fünf Experten meldeten sich zurück, wovon zwei sich für ein Fachinterview bereit erklärten. Die übrigen drei schieden aufgrund von Fachfremde oder Pensionierung aus.

Die beiden Experteninterviews wurden nach Absprache telefonisch geführt und nach Einverständnis der Experten zur Weiterverwendung aufgezeichnet. Die vollständigen Transkripte der Interviews sind ebenso im Anhang (siehe 7.6.f) zu finden.

3.2.2. Leitfadenerstellung

Da es sich bei den Empfehlungen nach Transplantationen insbesondere hinsichtlich des sicheren Lebensmittelumgangs um ein komplexes Themengebiet handelt, wurde die Methodik des semistrukturierten Interviews als am besten geeignet bewertet. Diese Interviewform verwendet einen Leitfaden mit offenen Fragen, der das Gespräch strukturiert, aber dennoch flexible Reihenfolgen der Fragen zulässt und die Antwortmöglichkeiten nicht begrenzt. Um einen weitreichenden und unverfälschten Einblick in die Praxismeinungen zu ermöglichen, bietet diese Interviewmethode Flexibilität und gleichzeitig durch den Leitfaden eine Vergleichbarkeit.

Der Leitfaden wurde zunächst thematisch in Abschnitte unterteilt, zu welchen anschließend die jeweiligen Befragungsziele festgehalten wurden. Dann wurden zielführende Fragen vorab formuliert, anhand derer die Interviews geführt werden konnten.

Die Abschnitte umfassen:

- Begrüßung und Einleitung
- Informationen über meine Arbeit
- Einstellung des Experten/der Expertin zum Thema
- Umsetzung in der Praxis
- Ausblick
- Sonstiges
- Zusammenfassung
- Abschluss des Interviews

Der Leitfaden ist im Anhang (siehe 7.3.) zu finden.

3.2.3. Auswertung der Interviews

Die zwei durchgeführten Fachinterviews wurden systematisch ausgewertet und verglichen. Hierzu wurden die Transkripte kodiert und die wichtigsten Aussagen in Kategorien eingeteilt. Die Kategorien umfassten:

- Besonderheiten der jeweiligen Transplantationsart
- Meinungen im kollegialen Umfeld des Experten
- Empfehlungen zur keimarmen Ernährung / Hygiene
- Vorkommen von posttransplantativen Infektionen

Die Kodierung der Interview-Aussagen ist als Teil der Interviewtranskripte im Anhang (siehe 7.6.f) zu finden.

3.3. Experimenteller Teil

Die Entwicklung der Methodik der Hauptversuche wurde an Studien von Hopkins, Parisi, Dawson und Northcutt (2020): „Surface Decontamination of Fresh, Whole Peaches (*Prunus persica*) Using Sodium Hypochlorite or Acidified Electrolyzed Water Solutions“ und Gomez, Ryser und Marks (2021): „Kitchen-Scale Treatments for Reduction of *Listeria monocytogenes* in Prepared Produce“ angelehnt.

3.3.1. Versuchsvorbereitungen

Bevor die eigentliche Versuchsreihe zur Evaluation der chemischen Dekontaminationsmethoden zur Reduktion von *E. coli* (folgend bezeichnet als Hauptversuch) begonnen werden kann, mussten einige Vorversuche durchgeführt werden.

3.3.1.1. Vorbereitung der Materialien

Es wurden für die Vorversuche sowie das anschließende Spatelverfahren im Rahmen des Hauptversuchs 150 PC-Agarplatten und 150 VRBG-Agarplatten gegossen. Hierbei wurden einige Zusatzplatten als etwaiger Ersatz für mangelhafte Platten einberechnet.

Zur Herstellung der PC-Agarplatten wurde insgesamt 70,5 g Plate-Count-Agar-Pulver verwendet. Je 23,5 g des Pulvers wurde in einem Liter destillierten Wassers mithilfe eines Magnetrührers gelöst und zum Sieden gebracht. Anschließend wurde die Lösung bei 121 °C autoklaviert und bei Raumtemperatur bis auf unter 50 °C abgekühlt. Dann wurde die Lösung auf die bereitstehenden Plastikpetrischalen verteilt, wobei pro Schale 20 ml eingegossen wurden. Die Platten wurden unter einem Laborabzug erneut abgekühlt, bis sie eine Temperatur unter 20 °C erreicht hatten und gestapelt im Kühlschrank bei 8 °C bis zur weiteren Verwendung gelagert werden konnten. Pro Durchgang wurden so etwa 50 PC-Agarplatten hergestellt, weswegen dieser Vorgang für die geplante Anzahl von 150 Agarplatten insgesamt dreimal durchgeführt werden musste.

Bei der Herstellung der VRBG-Agarplatten wurde insgesamt 115,5 g Violet-Red-Bile-Glucose-Agar-Pulver verwendet, welches ebenso wie bei der Herstellung der PC-Agarplatten innerhalb dreier Arbeitsdurchläufe genutzt wurde.

Hierzu wurden je 38,5 g des Pulvers mithilfe des Magnetrührers in einem Liter destillierten Wassers gelöst und bis zum Sieden erhitzt. Die Lösung wurde im Anschluss bei Raumtemperatur auf unter 50 °C abgekühlt und ebenso je 20 ml der Lösung in jede der bereitstehenden Plastikpetrischalen gegossen. Die Platten wurden unter dem Laborabzug abgekühlt, bis sie eine Temperatur unter 20 °C erreicht hatten und ebenfalls gestapelt im Kühlschrank bei 8 °C gelagert werden konnten.

Außerdem wurden drei Liter Peptonwasser hergestellt, das anschließend auf 168 Röhrchen verteilt wurde. Auch hier wurde eine bestimmte Menge des Peptonwassers als optionaler Ersatz einberechnet.

Zur Herstellung wurden dreimal je 20 g des Buffered-Peptide-Water-Pulvers in einem Liter destillierten Wassers gelöst und auf dem Magnetrührer bis zum Sieden erhitzt. Anschließend wurden 150 mal 9 ml und 18 mal 90 ml der Lösung abgefüllt und bei 121 °C autoklaviert. Danach wurden die Röhrchen sowie Fläschchen bei Raumtemperatur bis zur weiteren Verwendung gelagert.

3.3.1.2. Testkeim *Escherichia coli* Stamm B

Um die Effektivität der Dekontamination zur Reduktion von *E. coli* genauer vergleichen zu können, wurden die Lebensmittelproben mit dem Testkeim *E. coli* Stamm B² inokuliert, bevor sie systematisch chemisch dekontaminiert wurden.

Es wurde *E. coli* Stamm B gewählt, da dieser einer der am häufigsten für Studien verwendeten Stämme ist. (Yoon, Han, & Jeong, 2012)

Aufgrund mangelnder Herstellerangaben bezüglich des verwendeten Testkeims musste im Vorfeld mittels mehrerer Versuchsreihen ermittelt werden, wie viele Kolonien pro Gramm das *E.-coli-Stamm-B*-Pulver enthielt.

² Verwendeter Keim: *Escherichia coli* Strain B, lyophilized cells. EC11303-25G. Hersteller: SIGMA

Folgend sind die drei hierfür durchgeführten Versuchsreihen abgebildet. Die Auswertung erfolgte jeweils durch ein Spatelverfahren gemäß der DIN 10164-1:2019. Abweichend von der Norm wurde dabei nur eine Verdünnungsreihe je Dekontaminationsversuch angesetzt und je Verdünnungsstufe nur eine PC- bzw. VRBG-Agarplatte verwendet.

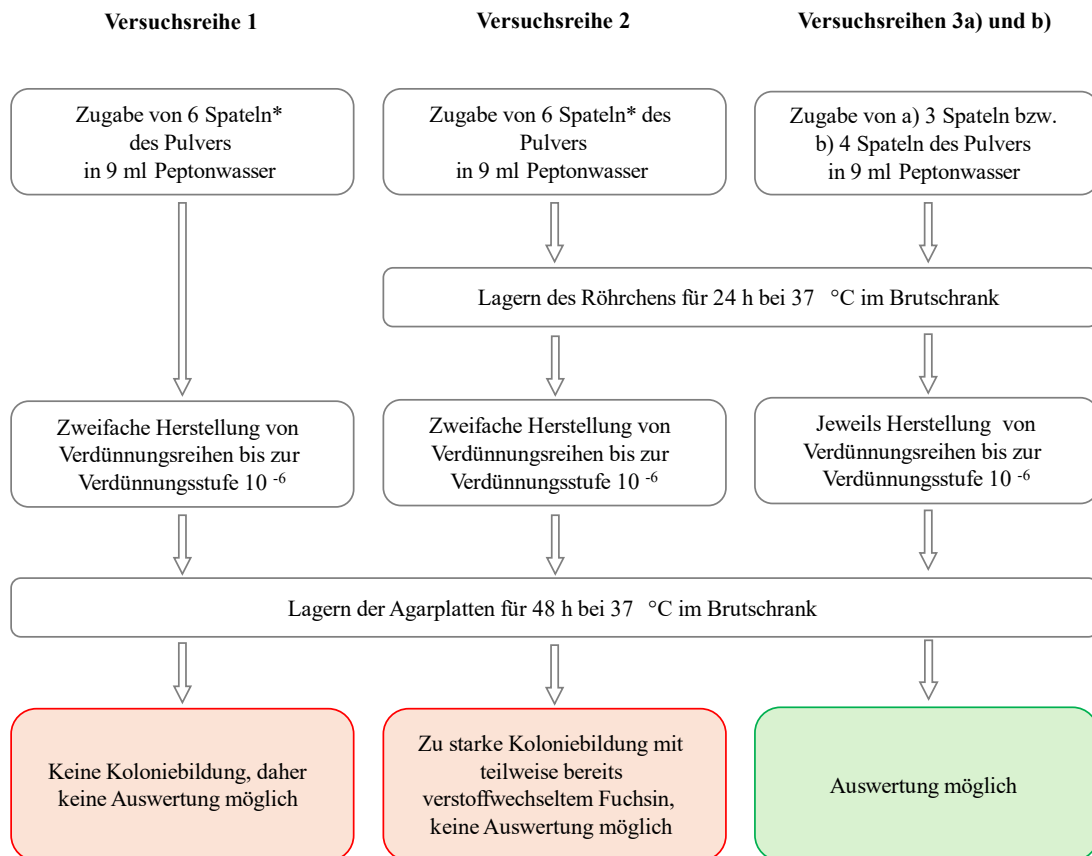


Abbildung 3: Versuchsreihen zur Ermittlung der koloniebildenden Einheiten pro Gramm des Testkeims

Aufgrund von Sicherheitsvorkehrungen wurden die Versuche unter einem Laborabzug durchgeführt, welcher Einfluss auf die Waageanzeige hatte. Daher entsprachen 6 Spatel des Pulvers 0,05-0,25 g.

Die Versuchsreihe 3a) und b) wurde anschließend ausgewertet und jeweils die KbE/g berechnet. Dafür wurde die folgende Formel verwendet:

$$K = \left(\frac{\sum c}{n1 * 1 + n2 * 0,1} \right) * v * 10^x$$

K = Keimzahl

n1 = Anzahl Agarplatten der niedrigeren Verdünnungsstufe

Σc = Summe gezählter Kolonien auf den ausgewerteten Agarplatten

v = Volumen der auf die Agarplatten pipetierten Lösung in µl

n2 = Anzahl Agarplatten der höheren Verdünnungsstufe	x = niedrigste auswertbare Verdünnungsstufe
--	---

In Versuchsreihe 3a) mit drei Spateln des Pulvers wurden $2,8 \cdot 10^4$ KbE/g ermittelt, bei Versuchsreihe 3b) mit vier Spateln $2,1 \cdot 10^5$ KbE/g.

Für die Inokulation im Hauptversuch wurden jeweils vier Spatel des Pulvers, entsprechend $2,1 \cdot 10^5$ KbE/g, verwendet.

Die ausführliche Tabelle mit den einzelnen Koloniezahlen der Verdünnungsstufen ist im Anhang (siehe 7.5.) zu finden.

Im Rahmen der Vorversuche wurde außerdem vorab untersucht, wie viel Peptonwasser, dann versetzt mit *E. coli* Stamm B, auf je 10 g der Lebensmittelproben aufgetragen werden kann, um anschließende Berechnungen daraus abzuleiten. Hierzu wurden je 10 g der Proben auf einem sterilen Tablett ausgebreitet und die Höchstmenge Peptonwasser ermittelt, die auf die Oberfläche pipettiert werden konnte, ohne auf das Tablett herunterzufließen. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle abzulesen.

Tabelle 3: Menge Pepton-*E. coli*-Lösung auf die ausgewählten Lebensmittel und Menge Testkeim pro Gramm der Proben

Lebensmittel	Menge auftragbarer Pepton- <i>E. coli</i> -Lösung auf 10 g Lebensmittelprobe	Menge KbE <i>E. coli</i> auf 10 g Lebensmittelprobe	Menge KbE <i>E. coli</i> pro Gramm der Lebensmittelprobe
Brokkoli	1,0 ml	$2,1 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^4$
Rucola	1,5 ml	$3,2 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^4$
Himbeeren	1,0 ml	$2,1 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^4$

Eine Schwierigkeit bei der Inokulation von Brokkoli und Himbeeren stellte die flüssigkeitsabweisende Oberfläche ebenjener dar. Außerdem war die Oberfläche von 10 g Brokkoli bzw. Himbeeren deutlich geringer als jene von 10 g Rucola. Aus diesem Grund konnte deutlich mehr der Pepton-*E. coli*-Lösung auf Rucola aufgetragen werden als auf Brokkoli oder Himbeeren.

3.3.2. Auswahl von Obst und Gemüse

Als zu untersuchendes Obst und Gemüse wurden Brokkoli, Rucola und Himbeeren gewählt, da diese allesamt roh verzehrt werden können. Außerdem ist die Oberflächenstruktur von Himbeeren und Brokkoli sehr uneben, weswegen sich dort vermehrt Keime ansammeln

könnten, welche schwieriger zu entfernen wären. Zudem stellen Blattsalate und Beeren nach einer Risikobewertung der Food and Agriculture Organization (FAO) und World Health Organization (WHO) die größten Risiken für mikrobielle Belastung im Bereich von Obst und Gemüse dar (Behn & Ulbrich, 2017). Ebenso wurden Blattsalate und Himbeeren bereits in einigen Studien zur Untersuchung des chemischen Dekontaminationserfolgs der gewählten Dekontaminationsmittel verwendet, welche die signifikante Effektivität der Chemikalien belegten. (Beuchat, 1998)

Um eine Verfälschung der Versuche durch andere chemische Dekontaminationsmittel zu vermeiden, wurden ausschließlich nicht vorbehandelte Bio-Produkte verwendet. Die Lebensmittelproben wurden jeweils am gleichen Tag der Versuche frisch beim Lebensmittelhändler EDEKA gekauft, etwa 30 Minuten transportiert und anschließend maximal eine Stunde im Kühlschrank bei 8 °C aufbewahrt, bevor sie im Rahmen der Hauptversuche mit dem Testkeim inokuliert wurden. Produkte mit Druckstellen oder anderen Verderbserscheinungen wurden von den Versuchen ausgeschlossen.

3.3.3. Inokulation der Lebensmittel im Hauptversuch

Es folgte die Durchführung der Inokulation der zu untersuchenden Lebensmittel mit dem Testkeim *Escherichia coli* Stamm B. Hierzu wurden je 60 g der Lebensmittel abgewogen und auf einem zuvor autoklavierten und dadurch weitgehend sterilen Tablett ausgebreitet. Anschließend wurden 6 ml (bei der Brokkoli- und Himbeerprobe) bzw. 9 ml (bei der Rucolaprobe) der Testkeimlösung auf den Lebensmittelproben verteilt, was $1,3 \cdot 10^6$ KbE bzw. $1,9 \cdot 10^6$ KbE entsprach.

Das inokulierte Obst und Gemüse wurde dann für 24 Stunden bei Raumtemperatur gelagert, damit der Testkeim an der Oberfläche anhaften konnte. Nach der Lagerung wurden diese erneut gewogen, da es während der Lagerung zu einem Wasserverlust gekommen war. Dieser umfasste bei allen Versuchen etwa 50 % der Masse vor der Lagerung, sodass die verwendbare Menge Proben nach der Lagerung jeweils nur noch bei 30 g pro Lebensmittel lag. Für die weitere Untersuchung wurde die inokulierte Menge randomisiert in sechs Glaspetrischalen mit je 5 g der Probe ausgewogen.

3.3.4. Dekontaminationsmittel

Folgend sollten die Lebensmittelproben vergleichend auf verschiedene Weisen chemisch dekontaminiert werden. Die Auswahl der Dekontaminationsmittel sowie deren Anwendung sind folgend dargestellt.

3.3.4.1. Liste der untersuchten Mittel

Es wurden, angelehnt an die Recherche in Kapitel 2.5. „Dekontaminationsmethoden für Obst und Gemüse“, fünf Substanzen gewählt, deren Effektivität bei der Reduktion des Testkeims *E. coli* untersucht werden sollte.

Als erste Dekontaminationsmethode wurde das Abwaschen mit Leitungswasser (pH-Wert 7,39) gewählt, da dies eine herkömmliche Methode ist, rohes Obst und Gemüse im Privathaushalt zu reinigen.

Diese basiert jedoch lediglich auf physikalisch-mechanischen Wirkweisen. Da diese Arbeit chemische Dekontamination untersuchen soll, dient das Abwaschen daher nur als Vergleichswert gegenüber der chemischen Mittel.

Das mechanische Abtragen von Keimen durch Wasser oder wässrige Lösungen stellt einen Teileffekt des Dekontaminationserfolgs dar. Durch die Standardisierung der Methodik und durch den Vergleich mit der rein mechanischen Leitungswasserbehandlung ist ein Vergleich mit den chemischen Wirkungsweisen möglich.

Es wurden außerdem Milchsäure (2%-ige Lösung, pH-Wert 2,45) und haushaltsüblicher Tafelessig (5 % Säuregehalt, pH-Wert 2,68) als zwei saure Dekontaminationsmittel gewählt, da diese für Privatpersonen einfach zu erwerben und ungefährlich in der Anwendung sind. Um einer sensorischen Veränderung der Lebensmittel durch die Säuregabe entgegenzuwirken, wurden die behandelten Proben danach mit Leitungswasser abgespült.

Um zudem Dekontaminationsmittel mit hohem pH-Wert zu untersuchen, wurde Natriumhypochlorit (2%-ige Lösung, pH-Wert 12,26) gewählt. Da es sich bei Natriumhypochlorit um einen für den Menschen gesundheitsschädigenden Stoff handelt, wurden die Lebensmittel nach der Behandlung mit Natriumhypochlorit ebenso mit Leitungswasser abgespült.

Schließlich wurde als letzte Dekontaminationsmethode eine Behandlung mit Wasserstoffperoxid (2%-ige Lösung, pH-Wert 4,91) durchgeführt.

Aufgrund der Gesundheitsgefährdung durch diesen Stoff wurden die Lebensmittel ebenfalls mit Leitungswasser abgespült und dann untersucht.

Eine Behandlung der Lebensmittelproben mit Ozon wurde aufgrund des mangelnden Zugangs zu Ozon sowie der hohen Gefahreneinstufung dieses Stoffes und damit keiner Möglichkeit, diesen für Privatpersonen zu empfehlen, nicht inkludiert.

3.3.4.2. Anwendung und Dosierung

Die in Glaspetrischalen aufgeteilten Lebensmittelproben wurden nun auf verschiedene Weisen behandelt und untersucht.

Dabei wiesen die Lebensmittelproben und die chemischen Dekontaminationsmittel, da sie ungekühlt gelagert wurden, Raumtemperatur (19-21 °C) auf. Das Leitungswasser wurde ebenfalls auf Raumtemperatur eingestellt. Dies ist dadurch begründet, dass chemische Dekontaminationsmittel nicht mehr als 10 °F (umgerechnet 5,5 °C) kälter ein sollten als das zu behandelnde Lebensmittel, da der zu große Temperaturunterschied die Keime ins Innere des Lebensmittels drängen könnte und sie dadurch nicht entfernt werden könnten (Adhikari, Fontenot, & Kharel, 2019).

Im Folgenden sind die Abläufe der Hauptuntersuchungen dargestellt.

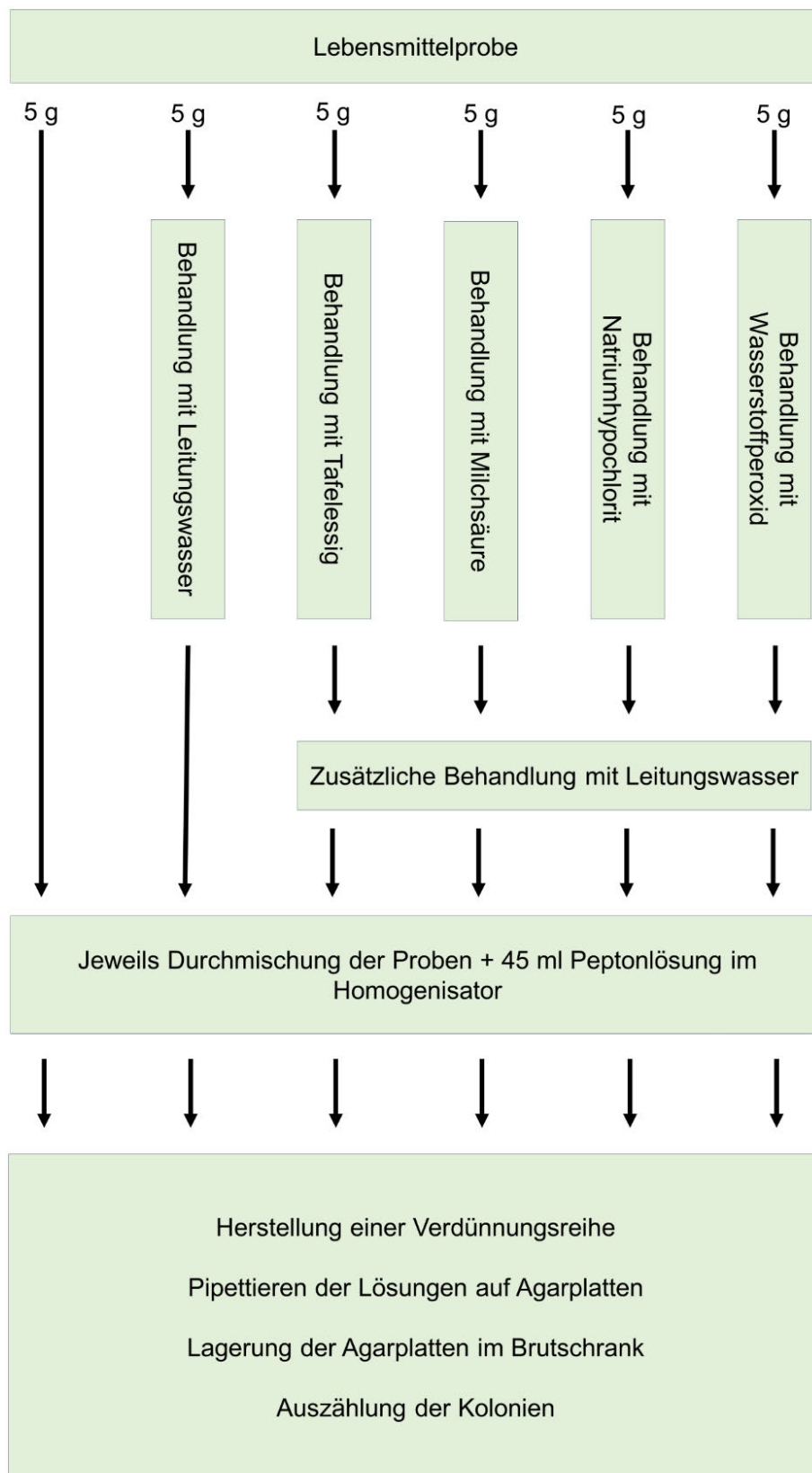


Abbildung 4: Ablauf der Dekontaminationsuntersuchungen

Die erste der sechs Lebensmittelproben wurde unbehandelt untersucht, um die Grundbelastung an Keimen zu ermitteln.

Die weiteren Proben wurden mit einem der oben aufgeführten chemischen Dekontaminationsmittel und anschließend mit Leitungswasser behandelt. Hierzu wurden die Proben jeweils in einen Stomacherbeutel gegeben und 50 ml des Dekontaminationsmittels oder Leitungswasser hinzugegeben. Anschließend wurden die Proben für 10 Sekunden in einem Stomacherbeutel geschwenkt und die Waschflüssigkeit filtriert abgegossen. Bei den chemischen Dekontaminationsuntersuchungen wurde die Probe dann in einen neuen Stomacherbeutel gegeben und nach dem gleichen Schema mit 50 ml Leitungswasser für 10 Sekunden behandelt.

Nach der Behandlung wurde die Probe in einen neuen Stomacherbeutel überführt und mit 45 ml Peptonlösung aufgeegossen. Dies wurde für 60 Sekunden im Homogenisator durchmischt und das Filtrat anschließend als 10^{-1} -Verdünnungsstufe verwendet. Dann wurde eine Verdünnungsreihe bis 10^{-6} hergestellt.

Anschließend wurde je 1 ml jeder Verdünnungsstufe auf eine PC- sowie eine VRBG-Agarplatte gegeben. Diese wurden für 48 h bei 37 °C im Brutschrank gelagert, bevor sie ausgewertet wurden.

3.3.5. Analyse

Zur Analyse des Dekontaminationserfolges der jeweiligen Versuchsreihen wurden genau wie bei den Vorversuchen (siehe 3.3.1.2) Spatelverfahren durchgeführt. Hierzu wurden je 1 ml jeder Verdünnungsstufe der Versuchsreihen auf je eine PC-Agarplatte zum Nachweis aller aerober Keime und auf eine VRBG-Agarplatte zum Nachweis aller Enterobacteriaceae, zu denen auch der Testkeim *E. coli* gehört, gegeben.

Die Platten wurden anschließend für 48 Stunden bei 37 °C im Brutschrank gelagert, um dann alle Kolonien pro Platte auszu zählen. Mithilfe der gezählten Kolonien pro Platte wurden nach der gleichen Methode wie bei der Analyse des Testkeims die jeweiligen Keimzahlen, angegeben in KbE/g, an aeroben Keimen bzw. Enterobacteriaceae berechnet.



Abbildung 5: Verdünnungsreihe auf PC- (gelben) und VRBG- (roten) Agarplatten, hier nach Behandlung mit Tafellessig. In der höchsten Verdünnungsstufe sind kondensierte Wassertropfen zu erkennen.

Aus den Berechnungen wurde geschlossen, ob durch die Dekontaminationsmethoden eine signifikante Reduktion der *E. coli*-Belastung erreicht werden konnte. Für die Definition einer signifikanten Reduktion wurden die in der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 festgelegten mikrobiologische Grenzwerte für *E. coli* in verzehrfertigem Obst und Gemüse verwendet. Demnach liegt die höchstzulässige Keimzahl bei 1.000 KbE/g (10^3 KbE/g). Alle Keimzahlen über diesem Wert galten demnach als nicht signifikant reduziert.

4. Ergebnisse

Dieses Kapitel fasst die Ergebnisse der drei zentralen Forschungsbereiche zusammen: die systematische Literaturrecherche, die Experteninterviews und die mikrobiologischen Laborexperimente. Im Mittelpunkt stehen die komplexen Auswirkungen einer keimarmen Ernährung auf neutropenische Patienten sowie die Einschätzungen führender Experten aus Transplantationszentren. Darüber hinaus wird die ermittelte Wirksamkeit unterschiedlicher chemischer Dekontaminationsmittel zur Reduktion von *E. coli* aufgezeigt.

4.1. Ergebnisse der Literaturrecherche

Nährstoffdefizite bei keimarmer Ernährung

Die ernährungsphysiologischen Auswirkungen einer keimarmen Ernährung wurden hinsichtlich verschiedener Aspekte erforscht.

So stellten Karavelioglua et al. (2023) fest, dass diese im Vergleich zu einer normalen Ernährung Defizite bei Ballaststoffen sowie bei den wasserlöslichen Vitaminen C, A und D, Magnesium und Calcium aufweist, welche hauptsächlich durch das Kochen des Gemüses entstehen. Obwohl neutropenische Patienten Vitamine und Mineralstoffe benötigen, um mögliche Infektionen zu bekämpfen, erhöht das Kochen von Gemüse das Risiko von Nährstoffverlusten und damit verbundenen Mängeln. (Karavelioglua, Dayi, & Hacet, 2023)

Morrel et al. (2019) ermittelten passend zu dieser These, dass Mikronährstoffdefizite bei neutropenischen Patienten häufig auftreten. In ihrer Studie untersuchten sie Kinder, welche aufgrund einer Krebserkrankung unter Neutropenie litten und sich daher keimarm ernährten. Es wurde festgestellt, dass 96 % der Patienten mehr als einen Nährstoffmangel aufwiesen. Der häufigste Mangel war an Vitamin D; 87 % der Patienten waren davon betroffen. Vitamin-C-Mangel trat bei 86 % der Patienten auf, Zinkmangel bei 50 % und Vitamin-A-Mangel

bei 13 %. Dies umfasst weitestgehend die wasserlöslichen Nährstoffe, welche durch Kochen von Lebensmitteln verloren gehen. (Morrell, et al., 2019)

Vergleich von keimarmer Ernährung und anderen Ernährungsformen

Maia et al. (2017) verglichen die ernährungsphysiologische Qualität der Nahrungsmittel in der keimarmen Ernährung mit einer offeneren Ernährungsform. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Ernährungsformen hinsichtlich der mikrobiellen Kontamination festgestellt werden. Jedoch wurde bei der Bestimmung des Nährstoffgehalts der beiden Ernährungsformen erneut belegt, dass die keimarme Ernährung einen niedrigeren Gehalt an Ballaststoffen und Vitamin C aufwies. (Maia, Cruz, & Gregianin, 2017)

Farhadfar et al. (2020) untersuchten ebenfalls die Nährstoffaufnahme sowie Ernährungsqualität bei Stammzelltransplantierten. So berichteten nur 10 % der Patienten von einer guten Ernährungsqualität. Außerdem wurden Mängel an Vitamin A, C und D, Magnesium und Calcium sowie eine unzureichende Ballaststoffaufnahme festgestellt. (Farhadfar, et al., 2020)

Effektivität einer keimarmen Ernährung

Taggart et al. (2019) verglichen Patienten, welche sich keimarm ernährten, mit einer Kontrollgruppe, welche eine freiere, nur leicht keimreduzierte Ernährungsempfehlung bekam. Die Restriktionen der Kontrollgruppe bezogen sich ausschließlich auf den Konsum von rohem Fleisch, Ei oder Fisch sowie dem hygienischen Lebensmittelumgang. Es konnte kein Unterschied der Infektionsraten zwischen der keimarmen Ernährung und der freieren Ernährungsform festgestellt werden. (Taggart, et al., 2019)

Moody et al. (2017) untersuchten außerdem 150 immunsupprimierte Patienten hinsichtlich der Effektivität von keimarmer Ernährung im Vergleich zu einer Ernährung, die lediglich den food safety guidelines (zu Deutsch: Lebensmittelsicherheitsrichtlinien) der Food and Drug Administration (FDA) folgte. Es wurde ermittelt, dass die keimarme Ernährung keinen Vorteil in der Infektprävention bieten konnte und zudem mehr Aufwand in der Umsetzung erforderte (Moody, et al., 2017). Ähnliche Ergebnisse ergaben Untersuchungen von Stella et al. (2023), welche besonders hervorhoben, dass eine keimarme Ernährung die Patienten unnötig belaste. (Stella, et al., 2023)

Patois et al. (2020) untersuchten das Wohlbefinden von Patienten nach Transplantationen. Viele dieser erlebten eine Verringerung des körperlichen sowie psychischen Wohlbefindens, wie zum Beispiel Appetitlosigkeit, Fatigue und Stress durch Angst vor Infektionen. Es wurde

ausgesprochen, dass durch Ernährungseinschränkungen die psychische Lage der Patienten weiter vermindert werden könnte. (Patois, Chen, Meiselman, Barraco, & Giboreau, 2020)

Kritische Bewertung der keimarmen Ernährung

Ein wesentlicher Kritikpunkt an der keimarmen Ernährung betrifft die Annahme, dass die keimarme Ernährung das Infektionsrisiko bei immungeschwächten Patienten effektiv reduzieren sollte. Studien wie die von Moody et al. (2017) und Taggart et al. (2019), zeigen jedoch auf, dass eine keimarme Ernährung keinen signifikanten Vorteil gegenüber einer weniger restriktiven, aber hygienisch durchgeführten Ernährung bietet.

Darüber hinaus hat die keimarme Ernährung potenziell negative Auswirkungen auf die Nährstoffversorgung der Patienten, wie durch Studien von Karavelioglu et al. (2023), Morrell et al. (2019) und Farhadfar et al. (2020) belegt, sowie negative Auswirkungen auf das psychische Wohlbefinden, wie durch Patois et al. (2020) untersucht.

Moody (2019) kritisiert so, dass keimarme Ernährungsempfehlungen trotz des Fehlens klinisch relevanter Daten weit verbreitet sind. Diese Empfehlungen basierten oft auf Annahmen wie einer "umsichtige[n] Praxis" (original: „prudent praxis“) und "sollte[n] keinen Schaden verursachen" (original: „should not cause any harm“), anstatt auf evidenzbasierten Beweisen. So wird sich dafür ausgesprochen, rohes, gewaschenes Obst und Gemüse wieder in die Lebensmittelauswahl von immunsupprimierten Patienten aufzunehmen und stattdessen Lebensmittelsicherheitsrichtlinien zu implementieren, um lebensmittelbedingte Infektionen zu reduzieren. Zudem solle das vielfältige Mikrobiom besser verstanden und unterstützt werden, um seine gesundheitsfördernden Eigenschaften zu nutzen. (Moody, 2019)

4.2. Ergebnisse der Experteninterviews

Mithilfe der Interviews sollte untersucht werden, inwiefern eine keimarme Ernährungsform nach Transplantationen aus der Praxissicht von Experten als sinnvoll erachtet wird. Dieser Teil der Arbeit erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit und kann mit den zwei durchgeführten Interviews nur ein Stimmungsbild aus der Praxis wiedergeben. Für einen detaillierteren Einblick wären weitere Expertenbefragungen notwendig. Die vollständigen Transkripte der Interviews sind im Anhang (siehe 7.6.f) zu finden.

4.2.1. Interview mit Frau Dr. Antje Weimann

Am 21. Februar 2024 wurde ein telefonisches Interview mit Frau Dr. Antje Weimann durchgeführt. Diese ist als Oberärztin in der Transplantationsambulanz am Zentrum für Nieren- und Lebertransplantationen des Universitätsklinikums Leipzig tätig.

Aus ihren Praxiserfahrungen hob sie besonders die Unterschiede der Immunsuppression zwischen Patienten der Leber- oder Nierentransplantation und anderen Transplantationsarten hervor, da bei Ausfall oder Abstoßung des transplantierten Organs die letale Bedrohung sehr variere. So begründete sie, dass die an ihrem Zentrum empfohlenen Regularien für Patienten bezüglich der Lebensmittelauswahl und -hygiene hauptsächlich in den ersten drei bis sechs Monaten stattfänden, da in diesem Zeitraum das Risiko einer Transplantatabstoßung am höchsten sei.

Zudem stellte Frau Dr. Weimann dar, dass in ihrem kollegialen Umfeld keine großen Unterschiede in der Meinung über eine keimarme Ernährung herrschten, vielmehr sei es nach ihren Erfahrungen überall ähnlich: Die in ihrem Fachbereich an Patienten ausgesprochenen Empfehlungen für eine keimarme Ernährung umfassen insbesondere den Verzicht auf nicht durchgegartes Fleisch, rohe Eier oder Eiprodukte und Rohmilchprodukte. Zu Beginn in der Phase der höchsten Immunsuppression und des höchsten Infektionsrisikos sollte auch schlecht abwaschbares Obst werden. Ebenso solle darauf geachtet werden, angebrochene Lebensmittel schnell aufzubrauchen und im Zweifel zu entsorgen. In anderen Transplantationszentren gäbe es jedoch mit Sicherheit leicht variierende Meinungen, da diese stark durch die individuellen Erfahrungen geprägt seien.

Ebenso betonte sie die Wichtigkeit einer ausreichenden Küchenhygiene, welche beispielsweise das regelmäßige Wechseln von Wischlappen, die gründliche Reinigung aller Bretter und weiterer Küchenutensilien und -geräte umfasse.

Wie ausführlich die Empfehlungen jedoch mit den Patienten bei der Entlassung besprochen würden, hänge maßgeblich von der entlassenden Fachkraft ab.

Sie gab weiterhin an, dass, wenn Patienten lebensmittelinduzierte Infektionen erlitten, nicht rückverfolgbar sei, auf welchem Wege die Infektion stattgefunden habe.

4.2.2. Interview mit Frau Dr. Jutta Sieb

Am 29. Mai 2024 wurde ein telefonisches Interview mit Frau Dr. Jutta Sieb durchgeführt. Diese war vierzehn Jahre lang, bis April 2024, im Bereich der Stammzellspende am Asklepios Klinikum St. Georg in Hamburg als Fachärztin tätig.

Sie betonte, wie unterschiedlich die Meinungen und daraus resultierend Empfehlungen zur keimarmen Ernährung verschiedener Oberärzte wären, da sie durch die individuellen Erfahrungen geprägt seien. So habe auch sie zwei unterschiedliche, fast gegensätzliche Herangehensweisen der Chefärzte in ihrer Laufbahn erlebt. Dies läge auch an der unzureichenden Datenlage bezüglich der Evidenz verschiedener Ernährungsempfehlungen.

Bezogen auf die Besonderheit der Immunsuppression bei Stammzellspenden erklärte sie, dass im Gegensatz zur Festorgantransplantation das Immunsystem nicht nur medikamentös gehemmt, sondern nach der Spende durchweg neu aufgebaut werden müsse. Aus diesem Grunde haben Patienten zum Zeitpunkt der Neubildung kein Immunsystem, weswegen sie sich dauerhaft auf der so weit wie möglich keimfrei gehaltenen Krankenhausstation aufhalten müssen.

In Bezug auf Empfehlungen bezüglich einer keimarmen Ernährung stellte sie dar, dass aus ihrer Erfahrung die größere Gefahr der Transplantierten darin läge, durch zu viele Lebensmitteleinschränkungen, mangelnden Genuss und die medizinische Vorbelastung, aufgrund derer sie meist zusätzlich noch an Übelkeit leiden, in ein Untergewicht zu fallen. Daher beschränkten sie in ihrem Fachbereich die Empfehlungen auf ein notwendiges Minimum. Dieses umfasse das Auslassen von rohem Fleisch, Fisch und Eiern und bei angebrochenen Lebensmitteln das schnelle Aufbrauchen. Wurst und Käse sollten außerdem eher nicht von der Theke, sondern abgepackt gekauft und schälbares Obst und Gemüse gewählt werden. Jedoch seien diese Empfehlungen nicht feststehend und bei Appetit auf diese Lebensmittel seien sie trotzdem erlaubt, damit dem Risiko einer Unterernährung in jedem Falle entgegengewirkt werden würde. Sie betonte außerdem die Wichtigkeit einer guten Küchenhygiene.

In ihrer Praxiserfahrung habe sie zwar Infektionen von Transplantationspatienten erlebt, jedoch seien diese nicht nachverfolgbar lebensmittelinduziert gewesen.

Außerdem stellte sie dar, dass in den letzten Jahren der Trend in vielen Kliniken dahin ginge, die strenge Isolation etwas abzumildern, da die meisten Infektionen nicht von außerhalb kämen, sondern endogen seien³.

4.2.3. Zusammenfassung der Interviews

Die Experteninterviews haben bestätigt, dass durch die mangelnde allgemeinumfassende Studienlage keine generalisierte Meinung möglich ist und die Empfehlungen zur Lebensmittelauswahl nach Transplantationen in der Praxis variieren.

Jedoch ist festzuhalten, dass ein Mindestmaß an empfohlenen Lebensmittelsicherheitsmaßnahmen gängig scheint. Diese umfassen Hinweise zum hygienischen Lebensmittelumgang und Übereinstimmungen bei den Restriktionen in der Auswahl der Lebensmittel (mindestens keine rohen Fisch-, Fleisch- oder Eiprodukte).

Lebensmittelinduzierte Infektionen, insbesondere bakterieller Art, kamen außerdem nur selten vor.

4.3. Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen

Im Rahmen der Untersuchungen sollte ermittelt werden, inwiefern sich die ausgewählten chemischen Dekontaminationsarten zur Reduktion des zuvor inokulierten Testkeims *E. coli* Stamm B eignen.

Im Folgenden sind die Analyseergebnisse dargestellt und die verschiedenen verbliebenen Keimzahlen als Gesamtkeimzahl (GKZ) und Enterobacteriaceenzahl (EBZ) ablesbar. Hierbei gilt, dass auf die Behandlung mit chemischen Dekontaminationsmitteln jeweils eine Behandlung mit Leitungswasser folgte.

Sämtliche Tabellen der Einzelergebnisse und Berechnungen sind im Anhang (siehe 7.8.) zu finden.

³ Endogene Infektionen werden durch körpereigene Erreger verursacht, welche zum Beispiel aus der Darm- oder Hautflora stammen. Voraussetzung hierfür ist ein geschwächtes Immunsystem, wie es bei Transplantierten der Fall ist (Nicolay & Antwerpes, 2024).

4.3.1. Brokkoli

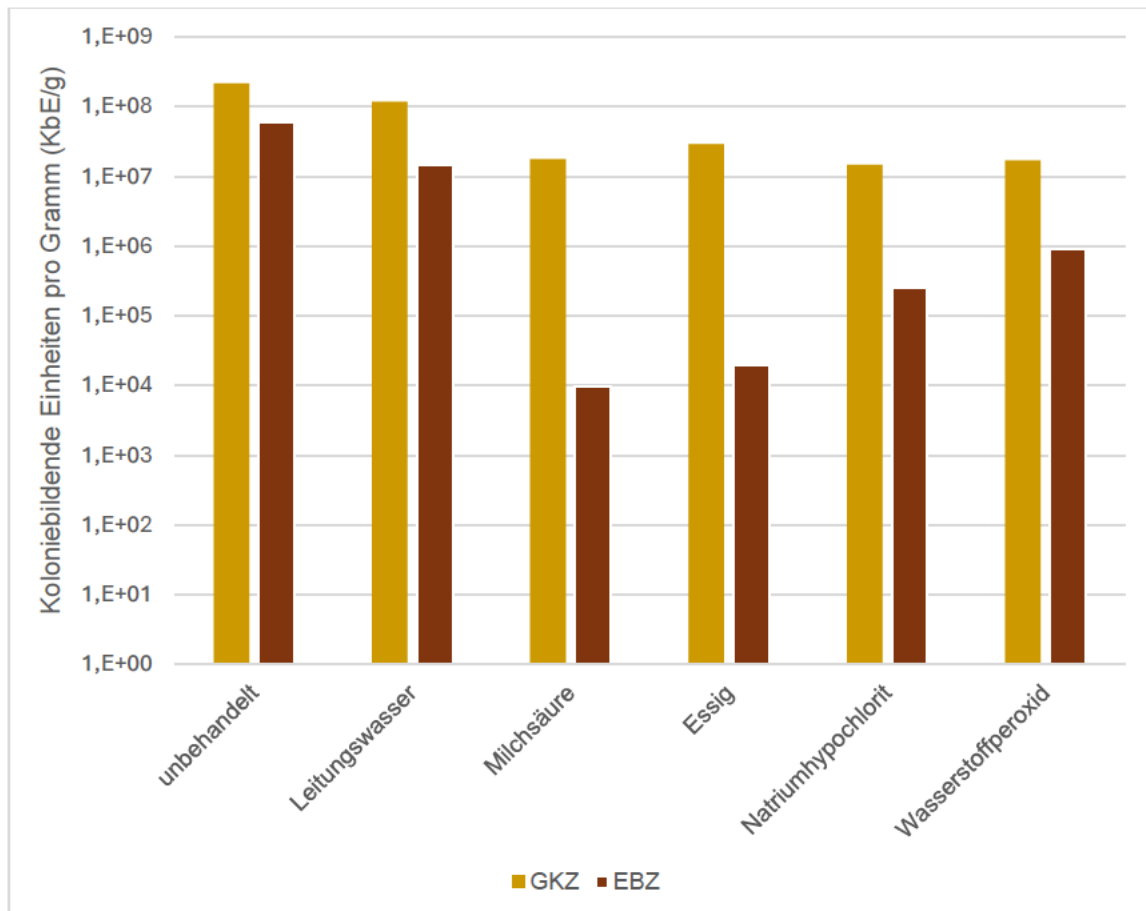


Abbildung 6: Koloniebildende Einheiten (Gesamtkeimzahl und Enterobacteriaceae) vor und nach den verschiedenen Reduktionsbehandlungen des Brokkolis.

Die Grundbelastung der Brokkoliprobe lag bei der GKZ bei etwa $2,2 \times 10^8$ KbE/g und bei der EBZ bei $6,0 \times 10^7$ KbE/g.

Es fällt auf, dass die GKZ auf den Brokkoliprobe durch die Behandlungen um maximal eine Logarithmusstufe (bei Behandlung mit Milchsäure, Natriumhypochlorit und Wasserstoffperoxid) reduziert werden konnte. Die Behandlung mit Essig konnte die GKZ weniger als eine Logarithmusstufe minimieren und die Behandlung mit Leitungswasser hatte kaum einen Reduktionseffekt auf die GKZ.

Die EBZ konnte insbesondere durch die sauren Dekontaminationsmittel Milchsäure und Essig um knapp vier Logarithmusstufen reduziert werden, wobei die Behandlung mit Milchsäure noch etwas stärker wirkte. Die Behandlung mit Wasserstoffperoxid (Senkung um fast zwei Logarithmusstufen) und mit Natriumhypochlorit (Senkung der EBZ um etwas mehr als

zwei Logarithmusstufen) zeigte ebenso Wirkung, jedoch nicht so stark wie die mit Säuren. Eine Behandlung nur mit Leitungswasser konnte kaum eine Minimierung der EBZ erzielen. Zusammenfassend konnte die GKZ kaum reduziert werden, die EBZ konnte durch die Säuren stark reduziert werden. Jedoch blieb auch nach der Säurebehandlung eine EBZ von über 10^3 KbE/g, dem festgelegten Grenzwert, weswegen die Reduktion nicht als signifikant definiert werden kann.

4.3.2. Rucola

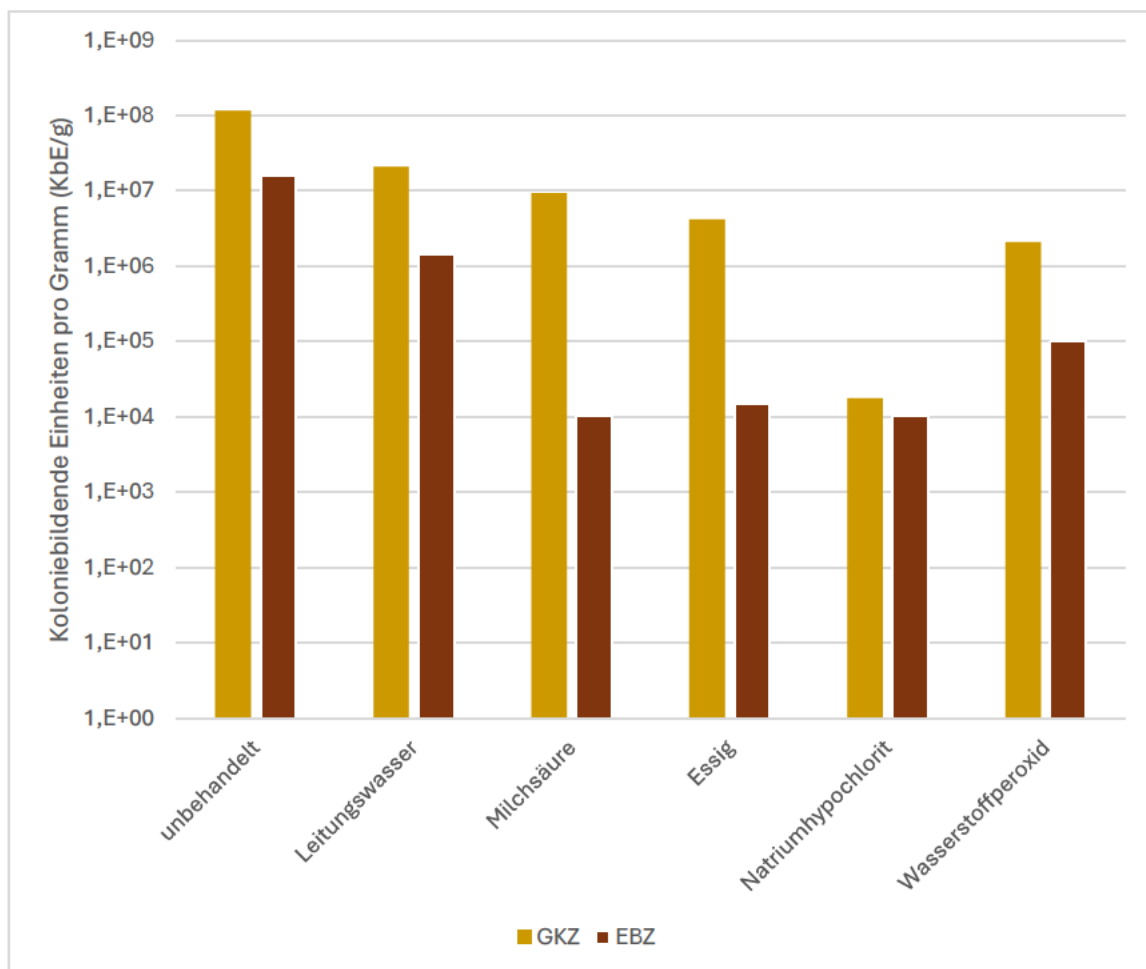


Abbildung 7: Koloniebildende Einheiten (Gesamtkeimzahl und Enterobacteriaceae) vor und nach den verschiedenen Reduktionsbehandlungen des Rucolas.

Die Grundbelastung der Rucolaproben lag bei der GKZ bei etwa $1,2 \cdot 10^8$ KbE/g und bei der EBZ bei $1,6 \cdot 10^7$ KbE/g.

Die GKZ konnte nur durch die Natriumhypochlorit-Behandlung stark reduziert werden, nämlich um fast vier Logarithmusstufen. Alle anderen Dekontaminationsmethoden konnten sie um weniger zwei Logarithmusstufen reduzieren.

Die EBZ hingegen konnte durch fast alle Methoden reduziert werden, die Behandlung mit Leitungswasser zeigte dabei eine Reduktion von einer Logarithmusstufe. Wasserstoffperoxid reduzierte die Zahl um zwei Logarithmusstufen und die Säuren sowie Natriumhypochlorit um etwa drei Logarithmusstufen.

Jedoch waren die Reduktionen der GKZ und EBZ auch bei dem Rucola nicht signifikant, da stets eine Belastung über 10^3 KbE/g verblieb.

4.3.3. Himbeeren

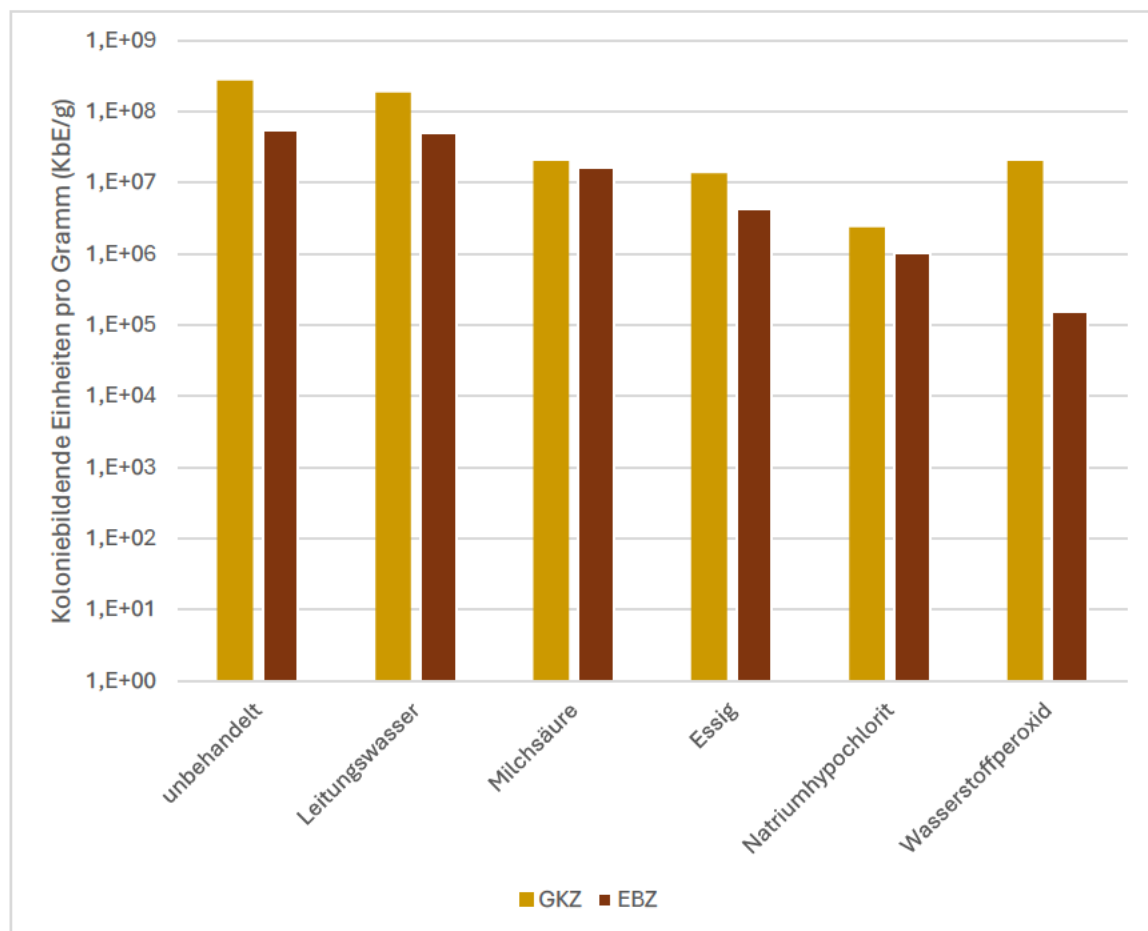


Abbildung 8: Koloniebildende Einheiten (Gesamtkeimzahl und Enterobacteriaceae) vor und nach den verschiedenen Reduktionsbehandlungen der Himbeeren.

Die Grundbelastung der Himbeerproben lag bei der GKZ bei etwa $2,7 \cdot 10^8$ KbE/g und bei der EBZ bei $5,4 \cdot 10^7$ KbE/g.

Die Behandlung mit Leitungswasser hatte keinen relevanten Effekt auf das mikrobielle Wachstum. Auf die GKZ wirkte Natriumhypochlorit mit einer Reduktion um etwa zwei Logarithmusstufen am meisten hemmend, jedoch auch nicht maßgeblich. Die anderen Methoden konnten die GKZ ebenfalls nur geringfügig senken.

Die EBZ konnte durch Wasserstoffperoxid um mehr als zwei Logarithmusstufen im Vergleich zu den anderen Methoden am effektivsten reduziert werden. Die anderen Methoden wirkten um mehr als eine (Natriumhypochlorit), etwa eine (Essig) und weniger als eine (Milchsäure) Logarithmusstufe reduzierend auf die EBZ.

Auch bei den Himbeeren konnten weder die GKZ noch die EBZ signifikant auf unter 10^3 KbE/g reduziert werden.

4.3.4. Zusammenfassender Vergleich der Dekontaminationsmittel

In den folgenden Diagrammen sind vergleichend die Dekontaminationserfolge bezüglich der Gesamtkeimzahl und im zweiten Diagramm bezüglich der Enterobacteriaceenzahl aufgeführt.

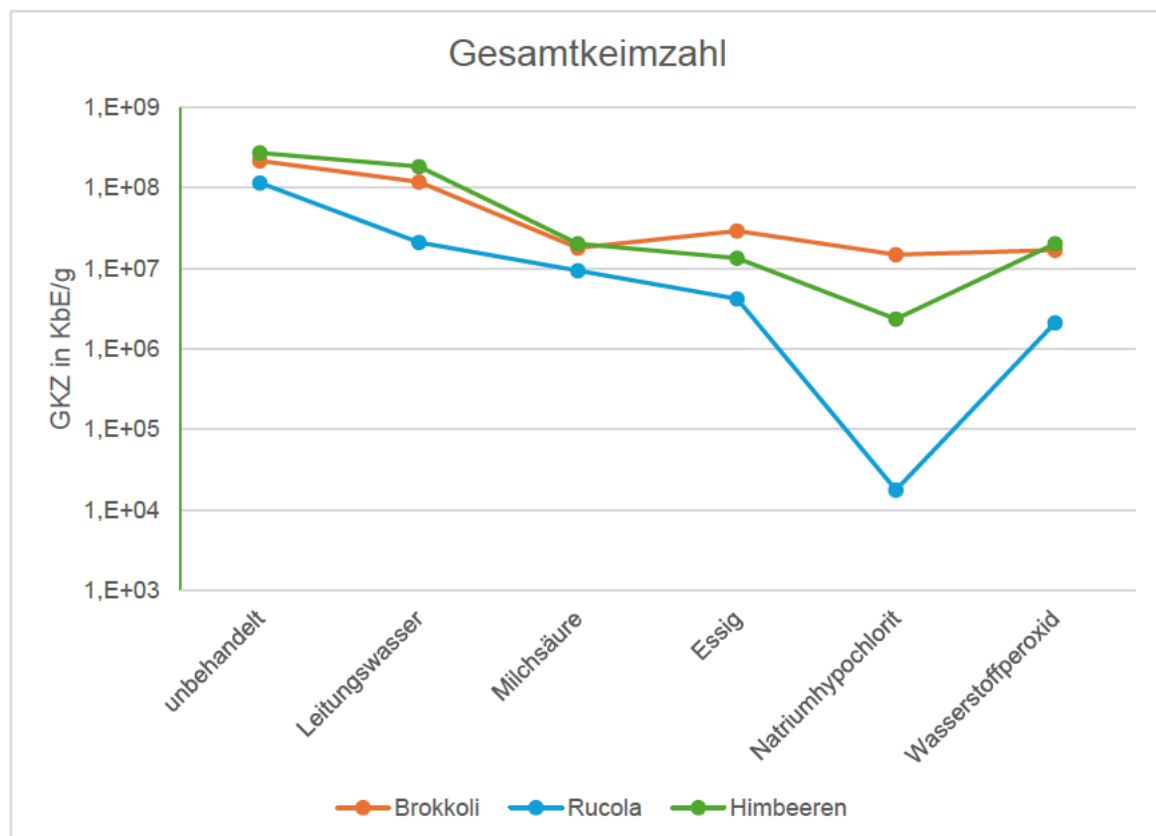


Abbildung 9: Vergleich der Dekontaminationsmittel bezüglich der GKZ

Es fällt auf, dass die Keimbelastung bei Rucola von Beginn an geringer war und alle Dekontaminationsmethoden erfolgreicher wirkten als bei Brokkoli und Himbeeren.

Das Abwaschen der Lebensmittelproben mit Leitungswasser zeigte eine geringe, aber nicht signifikante Minimierung der GKZ.

Insbesondere bei Rucola konnte die GKZ mit Abstand am besten durch die Behandlung mit Natriumhypochlorit reduziert werden. Auch bei den anderen Lebensmitteln wirkte Natriumhypochlorit am stärksten reduzierend auf die GKZ. Jedoch konnten bei Himbeeren und Brokkoli insgesamt weniger Keime durch die Natriumhypochlorit-Dekontamination entfernt werden als bei Rucola.

Die sauren Dekontaminationsmittel konnten die GKZ kaum reduzieren.

Keine Dekontaminationsmethode konnte die GKZ auf ein Minimum senken, selbst bei der Rucolaprobe, die mit Natriumhypochlorit behandelt worden war, blieben über 10^4 koloniebildenden Einheiten pro Gramm Probe mikrobieller Erreger übrig, was über dem festgelegten Grenzwert für maximale mikrobielle Belastung lag.

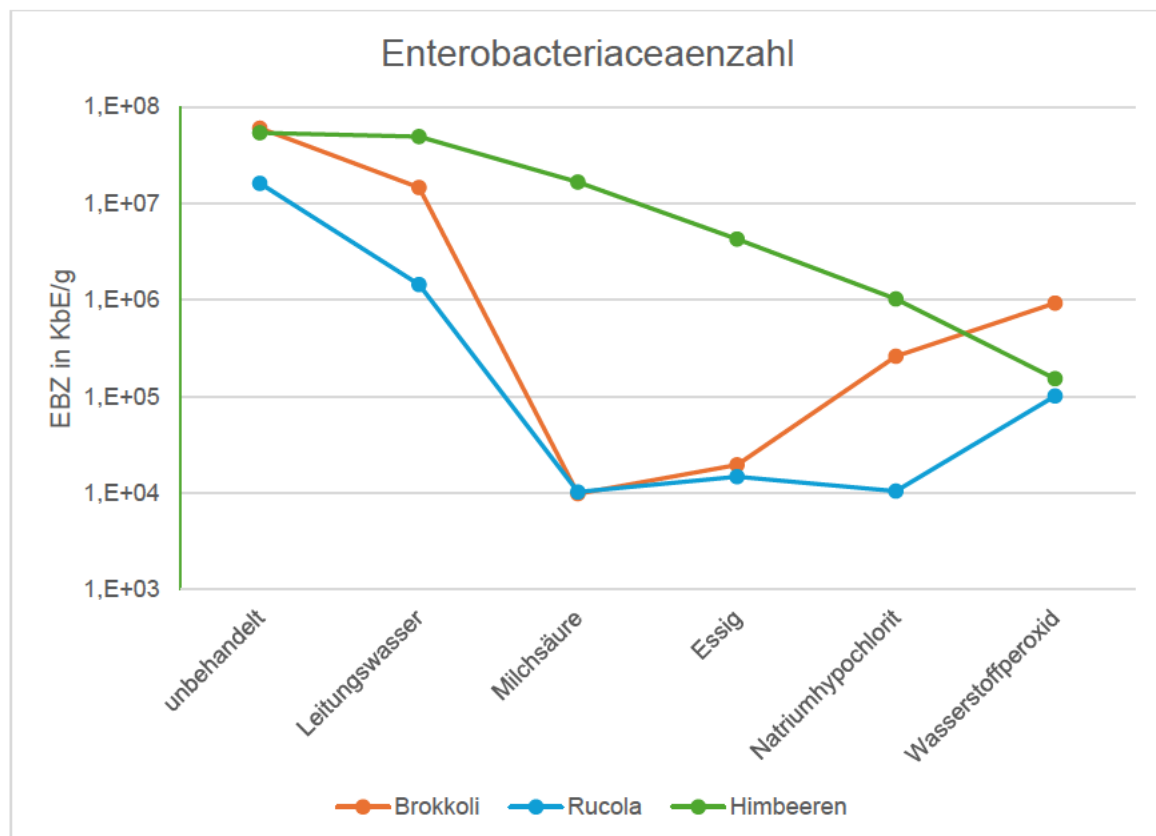


Abbildung 10: Vergleich der Dekontaminationsmittel bezüglich der EBZ

Die Grundbelastung an Enterobacteriaceae war bei Rucola etwas geringer als bei den anderen Lebensmitteln und konnte bei allen Methoden am effektivsten reduziert werden.

Bei den Himbeeren konnte die EBZ überwiegend weniger reduziert werden als bei den anderen Lebensmitteln.

Lediglich bei der Wasserstoffperoxidbehandlung war der Dekontaminationserfolg bei Brokkoli geringer. Die Dekontaminationserfolge der Himbeeren unterscheiden sich außerdem sehr von denen der Rucola- und Brokkoliprobe.

Während die sauren Dekontaminationsmittel (Milchsäure, pH-Wert 2,45 und Tafelessig, pH-Wert 2,68) bei Brokkoli und Rucola maßgeblich die EBZ verringern konnten und Natriumhypochlorit bei Rucola ebenso stark keimreduzierend wirkte, hatten diese Mittel einen deutlich geringeren Effekt auf die Keimreduktion der Himbeerproben.

Im Gegensatz zur GKZ konnte die Behandlung mit Leitungswasser die EBZ insbesondere bei Rucola reduzieren, jedoch mit Abstand nicht so weit wie die chemischen Dekontaminationsmittel.

Wie bei der GKZ konnte auch die EBZ auf maximal etwa 10^4 koloniebildende Einheiten pro Gramm Probe reduziert werden, sodass trotz der Behandlungsmethoden zur Dekontamination eine starke Grundbelastung mit Enterobacteriaceae, vermutlich vorwiegend dem inokulierten Testkeim *E. coli*, blieb.

5. Diskussion

Im Folgenden sollen die Methodik sowie die Ergebnisse in Bezug auf die Beantwortung der beiden Forschungsfragen erläutert und diskutiert werden. Hierzu müssen ebenfalls aufgetretene Limitationen erwähnt werden, um die Ergebnisse kritisch einordnen zu können.

5.1. Diskussion der Methodik

Es konnten einige der ermittelten Studien und deren Ergebnisse aufgrund mangelnden Zugangs nicht eingeschlossen werden (siehe 3.1.). Außerdem konnten nur deutsch- oder englischsprachige Studien inkludiert werden.

Die Durchführung der Experteninterviews war insofern stark begrenzt, als dass sich nur fünf der zwanzig kontaktierten Fachexperten (25 %) zurückmeldeten. Nur zwei der kontaktierten Personen (10 %) erklärten sich für ein Interview bereit. Dadurch war die Möglichkeit, mehrere – möglicherweise abweichende – Fachmeinungen einzuholen, beschränkt.

Auch in der Methodik der durchgeführten Experimente ergaben sich Limitationen. So war der Stichprobenumfang der untersuchten Lebensmittel mit jeweils 60 g begrenzt. Wechselwirkungen der chemischen Dekontaminationsmittel mit etwaigen Pestiziden oder anderen

Vorbehandlungen der gewählten Lebensmittelproben konnten nicht berücksichtigt werden, da es sich um nicht vorbehandelte Bio-Lebensmittel handelte.

Ebenso beschränkt sich die Arbeit auf den bakteriellen Erreger *E. coli* Stamm B. Andere bakterielle, virale oder Pilzerreger wurden nicht berücksichtigt, weswegen keine Ergebnisse über die chemische Dekontamination dieser Erreger vorliegen.

Der Dekontaminationserfolg von Lebensmitteln wird maßgeblich durch die korrekte Art der Anwendung beeinflusst. Da in dieser Arbeit eine fachlich vorgebildete Person die Hygienemaßnahmen unter Laborbedingungen durchführte, konnten mögliche Abweichungen aufgrund mangelnder Kenntnis oder fälschlicher Hygieneanwendung durch nicht vorgebildete Verbraucher in der Realpraxis nicht miteinbezogen werden. Insofern spiegelt die Anwendung der Dekontamination in dieser Versuchsreihe nicht wider, wie erfolgreich diese von Transplantationspatienten in der Realität angewendet werden könnte.

5.2. Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse sollen nun hinsichtlich der beiden Forschungsfragen kritisch reflektiert werden. Ziel ist es, Erkenntnisse zu gewinnen, die die Entwicklung praxisnaher Ernährungsempfehlungen für Transplantationspatienten unterstützen und mögliche Risiken sowie praktische Umsetzbarkeiten dieser Maßnahmen aufzeigen.

5.2.1. Keimarme Ernährung zur Infektionsvermeidung

Forschungsfrage 1: Inwiefern ist eine keimarme Ernährung zur Infektionsvermeidung bei Organtransplantationspatienten sinnvoll?

Aus Literatur- und Expertensicht ist die Entwicklung festzustellen, die Lebensmitteleinschränkungen immunsupprimierter Patienten auf ein Minimum zu reduzieren und sich mehr auf den sicheren Umgang mit Lebensmitteln zu fokussieren. Da Untersuchungen bisher keinen positiven Effekt auf die Lebensmittelsicherheit immunsupprimierter Patienten durch eine keimarme Ernährung feststellten (vgl. Kapitel 4.1.), ist es nicht zu empfehlen, eine einzige, allgemein anzuwendende keimarme Ernährungsform zu formulieren. Vielmehr ist festzuhalten, dass vielfältige Faktoren den Erfolg und damit die Nützlichkeit einer möglichen keimarmen Ernährungsform beeinflussen können. Diese sind von Patient zu Patient unterschiedlich, wodurch die Faktoren fast so individuell wie die Immunsuppressionseinstellungen sind.

So spielen zunächst allgemeine Faktoren wie die Art und der Grund der Immunsuppression, der Schweregrad der Neutropenie sowie die vorangegangene Art der Transplantation eine entscheidende Rolle. Bei Festorgantransplantationen stellt es laut Frau Dr. Weimann einen Unterschied dar, ob es sich um eine Leber- oder Nierentransplantation oder aber um eine Transplantation des Herzens oder der Lunge handelt, da bei Transplantatversagen von letzteren akute Lebensgefahr besteht. Somit sind nach Herz- oder Lungentransplantationen höhere Lebensmittelsicherheitsmaßnahmen zu treffen, um das Risiko eines Transplantatversagens so weit wie möglich zu minimieren (siehe 7.6.).

Patienten nach Festorgantransplantationen sind nach kurzer Zeit wieder selbst für ihre Ernährung verantwortlich, während sich Personen nach Stammzellspenden eine deutlich längere Zeit im Krankenhaus aufhalten müssen. Jedoch sind auch sie langfristig wieder für ihre Lebensmittelauswahl selbst verantwortlich. Insofern gilt es, besonders die Transplantationspatienten bezüglich der infektionsvermeidenden Maßnahmen zu schulen.

Auch die Phase der Immunsuppression (Induktionstherapie oder Erhaltungstherapie) stellt einen Einflussfaktor dar, da laut Frau Dr. Weimann das Risiko für Infektionen in der Anfangszeit deutlich höher ist als in späteren Monaten oder Jahren (siehe 7.6.). Allerdings sollte eine Grundvorsicht der Patienten vorhanden bleiben, da sie potenziell ihr Leben lang immunsupprimiert bleiben und daher höher gefährdet sind.

Ebenso wie die allgemeinen Rahmenfaktoren sind individuelle Faktoren zu beachten. So sind individuelle Lebensmittelunverträglichkeiten ebenfalls in die Einschränkungen mit einzubeziehen, da durch diese weitere Restriktionen erfolgen und so die Vielfalt der erlaubten Lebensmittel einschränken. Dies kann einen weiteren negativen ernährungsphysiologischen Einfluss in Form einer mangelnden Nährstoffversorgung auf die Patienten haben.

Auch zusätzliche Erkrankungen der Patienten oder medikamentöse Nebenwirkungen, welche sich auf die mögliche Lebensmittelauswahl oder aber den Appetit auswirken, sollten beachtet werden. Insbesondere Patienten, die eine Stammzellspende erhielten, leiden laut Frau Dr. Sieb oft noch an Appetitlosigkeit und Übelkeit (siehe Anhang, 7.7.), weswegen hier bei der Ernährung darauf geachtet werden sollte, möglichst viele Nährstoffe aufzunehmen, um einer Mangelernährung oder Untergewicht weitestgehend entgegenzuwirken. Ebenso ist es möglich, dass Patienten bereits aus anderen Gründen unter einem Nährstoffmangel leiden. In diesem Falle ist es ebenso wichtig, diesem so gut wie möglich entgegenzuwirken.

Der Nährstoffmangel ist ein großer, bereits mehrfach belegter Kritikpunkt der keimarmen Ernährung. Dieser betrifft Ballaststoffe, einige Vitamine sowie Mineralstoffe (vgl. 4.1.), da diese durch das Kochen von Gemüse verloren gehen. Insofern wäre es zu ermitteln, inwiefern schonend gegartes oder nicht gegartes Gemüse für Transplantierte individuell in den Speiseplan inkludiert werden kann, ohne ein Risiko der Lebensmittelsicherheit darzustellen. Die mögliche Methode der chemischen Dekontamination frischer Lebensmittel wird im folgenden Unterkapitel beleuchtet.

Schließlich spielen soziale und finanzielle Faktoren eine Rolle und es sollte mit überlegt werden, inwiefern die Patienten Zugang zu den entsprechenden Lebensmitteln haben und sich eine restriktive Ernährung leisten könnten. Insbesondere Nahrungsergänzungsmittel, welche bei Nährstoffmängeln supplementiert werden müssen, stellen mögliche weitere Kosten dar.

Es sollte in jedem Falle neben den Maßnahmen zur körperlichen Genesung auch ausreichend Unterstützung für die psychische Gesundheit angeboten werden, da Patienten nach Transplantationen oft eine Verringerung des körperlichen und psychischen Wohlbefindens erleiden (Patois, Chen, Meiselman, Barraco, & Giboreau, 2020). Bei Ernährungs- oder Hygieneempfehlungen zur Vermeidung von Infektionen sollte daher darauf geachtet werden, die Maßnahmen hinsichtlich der Immunsuppression und der dadurch größeren Gefahr, schwere Folgen durch Infektionen zu erleiden, zu erläutern. Jedoch sollte das Gespräch nicht so formuliert werden, dass übermäßige Angst bei den Patienten ausgelöst wird. Durch zu große Angst vor einer Infektion könnten die Patienten ihre Nahrungsaufnahme zu weit beschränken, was zu Mangelernährung und dadurch noch stärkeren Gesundheitsdefiziten führen könnte.

Fazit: Es sollten individuelle, an die Bedürfnisse der Patienten angepasste, Ernährungsempfehlungen bezüglich einer etwaigen Keimreduktion in der Lebensmittelauswahl gestaltet werden, anstatt generalisierte Empfehlungen einer keimarmen Ernährung auszusprechen. Dabei sollten mögliche Risiken wie ein Mangel an Nährstoffen, die psychische Belastung und die finanzielle Belastung der Patienten berücksichtigt werden.

5.2.2. Chemische Dekontamination als Interventionsmaßnahme

Forschungsfrage 2: Wenn eine keimarme Ernährung zur Infektionsvermeidung von Organtransplantierten als sinnvoll erachtet wird, eignet sich dann die chemische Dekontamination zur Reduktion von *E. coli* als Interventionsmaßnahme? Und welche der Dekontaminationsmethoden eignen sich hierzu am besten?

Während es keine allgemeingültige keimarme Lebensmittel(gruppen)auswahl für alle Transplantierten gibt, so ist die Lebensmittelhygiene als relevanterer Faktor zu gewichten. Hierzu wurden in der vorliegenden Arbeit verschiedene chemische Dekontaminationsmethoden dahingehend untersucht, ob sie sich als Maßnahme eignen würden, frisches Obst und Gemüse als sichere Lebensmittel in einen keimreduzierten Speiseplan zu inkludieren.

Die Relevanz hierfür ergibt sich durch den weitreichenden Nährstoffverlust der Lebensmittel durch Kochen (Karavelioglu, Dayi, & Hacet, 2023), weswegen der Verzehr von rohem Obst und Gemüse zur Verringerung des Risikos von Nährstoffmängeln dienen könnte.

Im Rahmen der Untersuchungen wurde aufgezeigt, dass alle chemischen Dekontaminationsmittel stärker keimreduzierend wirkten als Leitungswasser, bei dessen Behandlung nur minimale Mengen der Keime entfernt werden konnten. Daraus zeigt sich die Notwendigkeit, kontaminierte Lebensmittel mehr als nur durch Abspülen mit Leitungswasser zu reinigen.

Außerdem belegten die Ergebnisse, dass Säuren einen stark reduzierenden Einfluss auf das mikrobielle Wachstum von Enterobacteriaceen haben, weswegen sie sich für deren Bekämpfung eignen. Milchsäure wirkte effektiver als Tafelessig, was an dem geringeren pH-Wert der Milchsäure liegen könnte. Allerdings konnte die Gesamtkeimzahl durch eine Säurebehandlung nicht signifikant reduziert werden, was darauf schließen lässt, dass weitere, potenziell pathogene Keime trotz einer pH-Wert-Absenkung auf den Lebensmitteln wachsen können. Hierbei könnte es sich unter anderem um *Listeria monocytogenes*- oder *Staphylokokken*-Stämme handeln, da diese gegen pH-Absenkung resistent sind (BfR, 2008) (RKI, 2016).

Die Behandlung mit Natriumhypochlorit wirkte insbesondere bei den Rucolaproben stark reduzierend auf die Gesamtkeim- sowie die Enterobacteriaceenzahl. Es lässt sich also schlussfolgern, dass Keime, welche pH-Wert-Absenkung resistent sind, durch die Natriumhypochloritlösung geschädigt werden und nur stark vermindert wachsen können.

Dass alle Dekontaminationsbehandlungen bei Rucola effektiver wirkten als bei den Himbeeren und dem Brokkoli, könnte auf die Struktur der Lebensmittel zurückzuführen sein. Während die Oberfläche von Rucola glatt ist und sich dadurch weniger Keime ansammeln und festigen können, sind die Oberflächen von Himbeeren und Brokkoli deutlich unebener und dadurch auch größer, wodurch einerseits Keime besser anhaften und andererseits Dekontaminationslösungen schwieriger alle Bereiche erreichen können. Aus diesem Grund könnten mehr Keime auf den Himbeeren und dem Brokkoli verblieben sein.

In Hinblick auf die Dekontaminationserfolge ist jedoch ebenfalls zu beachten, dass selbst bei den am stärksten wirkenden Mitteln nicht alle Keime entfernt werden konnten und mindestens 10^4 koloniebildende Einheiten pro Gramm auf den Proben verblieben. Dieser Wert liegt eine Logarithmusstufe über dem festgelegten Grenzwert (10^3 KbE/g), wodurch die Lebensmittel auch nach der Dekontamination eine mikrobielle Gefahr darstellen.

Bezüglich des Gebrauchs der Dekontaminationsmittel im Haushalt kommen weitere Aspekte hinzu. So besteht bei nicht vorgebildeten Privatpersonen stets das Risiko der falschen Anwendung der Dekontaminationsmittel, beispielsweise durch nicht ausreichende Menge oder Dauer der Einwirkzeit. Ebenso könnten sich Personen nach der Dekontamination in falscher Sicherheit wiegen und andere Hygienemaßnahmen vernachlässigen. Auch eine Kreuzkontamination durch Kontakt der keimreduzierten Lebensmittel mit keimbelasteten Oberflächen wäre möglich, wodurch das mikrobielle Risiko wieder steigen würde.

Schließlich stellen Natriumhypochlorit und Wasserstoffperoxid zusätzlich ein Gesundheitsrisiko dar, wenn sie nicht vollständig vom Lebensmittel entfernt und mit verzehrt werden (vgl. Kapitel 2.5.) würden. Insofern ist von diesen chemischen Dekontaminationsmitteln im Privatgebrauch abzuraten.

Eine leichtere Säure wie 5 %-iger Tafelessig würde im Privatgebrauch deutlich weniger Gefahren darstellen. Außerdem würde er bei dauerhafter Anwendung eine geringere finanzielle Belastung darstellen als stärkere Dekontaminationsmitteln, da er deutlich günstiger und einfach zu erwerben ist.

Die Behandlung mit chemischen Dekontaminationsmitteln beeinflusst Lebensmittel außerdem sensorisch, wodurch diese dann weniger genießbar werden können.

Fazit: All diese Faktoren betrachtend, lässt sich sagen, dass chemische Dekontaminationsmethoden im Gegensatz zum reinen Abwaschen mit Leitungswasser zwar deutlich effektiver

die *E. coli*-Belastung reduzieren konnten, die Herausforderungen und Risiken jedoch überwiegen. Selbst bei korrekter Anwendung und Beachtung aller Hygienemaßnahmen stellten die Lebensmittelproben ein bakterielles Risiko dar und es wäre davon abzuraten, diese bei Immunsuppression zu verzehren.

So bleiben, sofern die individuelle Situation des Patienten eine keimreduziertere Ernährung verlangt, die weiteren Hygieneempfehlungen bezüglich eines sicheren Lebensmittelumgangs an höchster Stelle. Die chemischen Dekontaminationsmethoden sollten jedoch bei der Reinigung der Küchenoberflächen zur Anwendung kommen, da die Mittel dort an alle Bereiche der Fläche gelangen können und die Keime zusätzlich mechanisch gut abgetragen werden können.

Außerdem sollten sowohl die Patienten als auch idealerweise Angehörige und für die Pflege oder Nahrungsmittelversorgung verantwortliche Personen ausreichend über die Hygienemaßnahmen sowie die individuellen Bedürfnisse des Patienten bezüglich der Infektionsvermeidung geschult werden.

Bei hohen Anforderungen an keimreduzierte Lebensmittel, etwa für Patienten mit besonders kritischen Immunlagen, wäre es zu empfehlen, Brokkoli und Himbeeren nicht roh zu verzehren, sondern vor dem Verzehr durchzuerhitzen. Bei Himbeeren könne dies als Marmelade geschehen. Auch frischer Rucola sollte in diesem Falle vermieden werden, wobei die Durcherhitzung von diesem in nur wenigen Rezepten vorkommt. Somit müsste er aus dem Ernährungsplan für die Zeit der keimreduzierten Ernährung herausgenommen werden. Einem möglichen Nährstoffmangel müsste in diesem Fall auf anderem Wege, wie zum Beispiel durch Supplementierung, entgegengewirkt werden.

6. Ausblick

Die Ergebnisse der Arbeit sollen nun in den aktuellen Forschungskontext gesetzt und die Anwendbarkeit auf weitere Bereiche beleuchtet werden.

6.1. Implikationen für zukünftige Forschung

Für weiterführende Untersuchungen sind verschiedene Ansätze festzuhalten.

Die Relevanz einer keimarmen Lebensmittelauswahl sollte in größeren Untersuchungen und anschließenden Meta-Analysen erforscht werden, um diesbezüglich bessere Empfehlungen

aussprechen zu können und individuelle, auf den Patienten angepasste Möglichkeiten aufzuzeigen.

Um die Praxiserfahrungen und Meinungen von Transplantationsexperten weitreichender zu vergleichen, müssten mehr Fachpersonen systematisch befragt werden.

Um signifikantere Ergebnisse der Untersuchungen zu Dekontaminationserfolgen zu erreichen, müssten größere Stichproben sowie weitere Bio- und nicht-Bio-Lebensmittelgruppen auf alle mikrobiellen Erreger untersucht werden, um eine weitere Bandbreite abzudecken und allgemeingültigere Empfehlungen aussprechen zu können. Ebenso sollten weitere Dekontaminationsmittel sowie die Kombination verschiedener Methoden untersucht werden. Auch unterschiedlich hohe, die Sensorik der Lebensmittel nicht verändernde, Temperaturen der Dekontaminationsmittel und weitere Konzentrationsvarianten sollten inkludiert werden.

Auch könnten roh verzehrte Lebensmittel mit glatterer Oberfläche, beispielsweise Weintrauben, dahingehend untersucht werden, ob der Dekontaminationserfolg bei diesen höher ist.

Insbesondere für die Abwägung des Dekontaminationserfolgs bei realer Anwendung durch Patienten wäre eine Untersuchung dahingehend notwendig, wie ausreichend nicht vorgebildete Testpersonen die Hygienemaßnahmen, zum Beispiel das Behandeln der Lebensmittel mit chemischen Lösungen oder Sprays, durchführen.

6.2. Anwendbarkeit der Ergebnisse auf weitere Bereiche

Die Untersuchungen dieser Arbeit wurden auf Personen beschränkt, die aufgrund von Transplantationen immunsupprimiert sind. Auch andere Immunsupprimierte, wie zum Beispiel HIV-Erkrankte oder chemotherapierte Personen sowie andere YOPIs könnten von den Ergebnissen und Empfehlungen profitieren. Auch hier gilt, dass etwaige Lebensmitteleinschränkungen individuell auf alle den Patienten betreffenden Einflussfaktoren angepasst sein müssen. Die Hygienemaßnahmen können in ihrer Höhe und Häufigkeit ebenfalls auf die Bedarfe der Personen angepasst angewendet werden, um lebensmittelinduzierten Infektionen vorbeugen zu können.

Hierbei gelten die Hygieneempfehlungen nicht nur der Reduktion von Enterobacteriaceae, sondern könnten auch Infektionen durch einige andere Bakterien, Viren oder Pilzen entgegenwirken.

Die Ergebnisse der chemischen Dekontaminationsmethoden der untersuchten Lebensmittel könnten ebenso auf weitere roh verzehrte Obst- und Gemüsesorten angewendet werden. So

ist es möglich, dass andere Salatarten oder Kräuter aufgrund ihrer ähnlichen Struktur ähnlich effektiv dekontaminiert werden könnten wie Rucola, Brombeeren ähnlich den Himbeeren und Blumenkohl ähnlich dem Brokkoli.

Die Wirkung der chemischen Dekontaminationsmethoden wurde im Kontext des möglichen Privatgebrauchs untersucht.

Ebenso könnten die chemischen Dekontaminationsmethoden Teil eines HACCP-Konzepts in Lebensmittelunternehmen für Obst oder Gemüse sein, bezogen auf frisch zu verzehrendes Obst und Gemüse. Hierbei könnte die Gefahr (Hazard) durch mikrobielle Pathogene bestehen, welche es zu minimieren gilt. Kritische Kontrollpunkte (Critical Control Points, CCPs) könnten in der Rohwarenannahme und während des Waschprozesses bestehen, da die Vorbelastung oder Kreuzkontamination mikrobieller Erreger eine Gefährdung darstellt. Wenn festgelegte Grenzwerte der Keimbelastung überschritten werden, könnte die chemische Dekontamination als Gegenmaßnahme zum Einsatz kommen.

Abschließend lässt sich festhalten, dass diese Arbeit als Grundlage sowohl für die Entwicklung von Lebensmittelsicherheitsempfehlungen für Transplantierte als auch für vielseitige weitere Forschungsbereiche dienen kann.

Literaturverzeichnis

- Adhikari, Fontenot, & Kharel. (2019). Wash Water Chlorine Disinfection: Best Practices to Ensure On-Farm Food Safety. *LSU AgCenter*. Abgerufen am 21. Juni 2024 von <https://www.lsuagcenter.com/articles/page1561146897345>
- Basiq dental. (2024). *Tendo Wasserstoffperoxid 3% - 1l*. Abgerufen am 20. Juni 2024 von [basiq dental.de: https://www.basiq dental.de/de_DE/p/endodontie/wurzelkanalreinigung-und-desinfektion/wasserstoffperoxid-h2o2/tendo-wasserstoffperoxid-3-1l/415210](https://www.basiq dental.de/de_DE/p/endodontie/wurzelkanalreinigung-und-desinfektion/wasserstoffperoxid-h2o2/tendo-wasserstoffperoxid-3-1l/415210)
- Behn, H., & Ulbrich, A. (2017). Metastudie: Mikrobielle Risiken an Obst und Gemüse. *Universität Osnabrück*. Abgerufen am 02. Juni 2024 von <https://opus.hs-osnabrueck.de/frontdoor/index/index/docId/796>
- Beuchat, L. (1998). *Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw : a review*. Abgerufen am 08. Juni 2024 von World Health Organization: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-FSF-FOS-98.2>
- BfR. (2008). *Listeria monocytogenes: Der Überlebenskünstler unter den Keimen*. Abgerufen am 15. Juni 2024 von Bundesinstitut für Risikobewertung: https://www.bfr.bund.de/de/presseinformation/2008/06/listeria_monocytogenes__der_ueberlebenskuenstler_unter_den_keimen-10961.html
- BfR. (2020). *Stellungnahme: Aufbereitete Abwässer: Bakterielle Krankheitserreger auf frischem Obst und Gemüse vermeiden*. doi:10.17590/20200421-115529
- Bischoff, D. m. (2017). Immunsuppressive Therapie: Unterdrückung des Immunsystems. *ApothekenUmschau*. Abgerufen am 10. Juni 2024 von <https://www.apothekenumschau.de/therapie/therapiearten/immunsuppressive-therapie-unterdrueckung-des-immunsystems-744885.html>
- Black, C. K., Termanini, K. M., Aguirre, O., Hawksworth, J. S., & Sosin, M. (2018). Solid organ transplantation in the 21st century. *Annals of translational medicine*. Abgerufen am 10. Juni 2024 von <https://atm.amegroups.org/article/view/21898/html>
- BMEL. (2020). *Lebensmittelhygiene: Was Verbraucherinnen und Verbraucher tun können*. Abgerufen am 21. Juni 2024 von Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: <https://www.bmel.de/DE/themen/verbraucherschutz/lebensmittelhygiene/lebensmittelhygiene-informationen-fuer-verbraucher.html>
- Bogaart, L. v. (2022). Swiss Transplant Cohort Study. Epidemiology and outcomes of medically attended and microbiologically confirmed bacterial foodborne infections in solid organ transplant recipients. *American Journal of Transplantation*, S. 199-209. doi:10.1111/ajt.16831

- Boyle, N., Podczervinski, S., Jordan, K., Sednick, Z., Butler-Wu, S., McMillen, K., & Pergam, S. (2014). Bacterial Foodborne Infections after Hematopoietic Cell Transplantation. *Biology of Blood and Marrow Transplantation*, S. 1856-1861. doi:10.1016/j.bbmt.2014.06.034
- DGEM. (2023). S3-Leitlinie Klinische Ernährung in der Chirurgie der Deutschen Gesellschaft für Ernährungsmedizin (DGEM) e.V. *AWMF online*. Abgerufen am 20. Juni 2024 von https://register.awmf.org/assets/guidelines/073-0051_S3_Klinische-Ernaehrung-in-der-Chirurgie_2023-09.pdf
- DSO. (o.J.). *Hintergrund Warteliste und Vermittlung*. Abgerufen am 16. Juni 2024 von Deutsche Stiftung Organtransplantation: https://www.dso.de/SiteCollectionDocuments/Hintergrundtexte%20PDFs/Hintergrund_Warteliste%20und%20Vermittlung.pdf#search=warteliste
- Farhadfar, N., Kelly, D., Mead, L., Nair, S., Colee, J., Gatell, V., & Murthy, H. (2020). Dietary Intake and Diet Quality of Hematopoietic Stem Cell Transplantation Survivors. *Biology of Blood and Marrow Transplantation*, S. 1154-1159. doi:10.1016/j.bbmt.2020.02.017
- FernArzt. (2022). *Neutrophile Granulozyten*. Abgerufen am 21. Juni 2024 von Fernarzt, Teil der Health Hero Gruppe: <https://www.fernarzt.com/wissen/laborwerte/neutrophile-granulozyten/>
- FurthChemie. (2024). *Milchsäure 80% l L*. Abgerufen am 21. Juni 2024 von furth-chemie.de: https://furth-chemie.de/milchsaeure_1?srsId=AfmBOooB-5Y098bSJUCS-yNng057RrPmbxbC2vRzjQoJLdNuDQah1HRALxQ
- GESTIS-Stoffdatenbank. (2024). *Chlor*. Abgerufen am 08. Juni 2024 von GESTIS Stoffdatenbank: <https://gestis.dguv.de/data?name=007170>
- GESTIS-Stoffdatenbank. (2024). *Natriumhypochlorit, wässrige Lösung mit Anteilen an aktivem Chlor*. Abgerufen am 08. Juni 2024 von GESTIS Stoffdatenbank: <https://gestis.dguv.de/data?name=001410>
- GESTIS-Stoffdatenbank. (2024). *Wasserstoffperoxid ab 60 %*. Abgerufen am 08. Juni 2024 von GESTIS Stoffdatenbank: <https://gestis.dguv.de/data?name=002430>
- Gomez, C., Ryser, E., & Marks, B. (2021). Kitchen-Scale Treatments for Reduction of *Listeria monocytogenes* in Prepared Produce. *Journal of Food Protection*. doi:10.4315/JFP-21-019
- ioT-Pool. (2024). *iot-pool.com*. Abgerufen am 20. Juni 2024 von Sodium hypochlorite - liquid: <https://www.iot-pool.com/en/products/hipoclorito-de-sodio-liquido?variant=31852846383192&srsId=AfmBOoqWtjZgtwhOxaZwkwfSJNcOIiRIU5BP1TRIO4X79t3eDQfcVrpbJCUQ>

- Kapfhammer, H. P. (2023). *Organtransplantation. In: Depression, Angst und traumatischer Stress in der Chirurgie*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Karavelioglu, B., Dayi, T., & Haceti, F. (2023). The neutropenic diet: Are well-cooked vegetables still good sources of nutrients? A mini-narrative review. *Nutrition Research*, S. 61-66. doi:10.1016/j.nutres.2023.11.003
- Karch, A., Schindler, D., Kühn-Stein, A., Blaser, R., Kuhn, K., & Sandmann, L. (2021). The transplant cohort of the German center for infection research (DZIF Tx-Cohort): study design and baseline characteristics. *European Journal of Epidemiology*, S. 233-241. doi:10.1007/s10654-020-00715-3
- Kaushik, V. (2020). Review on Household Decontamination Technologies for Fruits and Vegetables. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, S. 12-36. doi:10.5923/j.food.20201001.02
- Kleuser, P. D. (2008). Individuelle Immunsuppression nach Transplantation. *Pharmazeutische Zeitung*. Abgerufen am 12. Juni 2024 von <https://www.pharmazeutische-zeitung.de/ausgabe-462008/individuelle-immunsuppression-nach-transplantation/>
- Konsum. (2024). *konsum-leipzig.de*. Abgerufen am 20. Juni 2024 von GUT&GÜNSTIG Tafelessig 1 l: <https://www.konsum-leipzig.de/online-bestellen/alle-produkte/lebensmittel/essig-oel-gewuerze/essig-oel/6941/gut-guenstig-tafelessig-1-l>
- Kreuter, P., & Waage, P. (2023). *Jahresbericht 2022*. Frankfurt am Main: Deutsche Stiftung Organtransplantation. Abgerufen am 12. Juni 2024 von <https://dso.de/SiteCollectionDocuments/DSO-Jahresbericht%202022.pdf>
- Lebensmittelverband. (2017). *Beim Umgang mit Lebensmitteln auf gute Küchenhygiene achten*. Abgerufen am 20. Juni 2024 von Lebensmittelverband Deutschland: <https://www.lebensmittelverband.de/de/aktuell/20170327-6-tipps-lebensmittel-kuechen-hygiene>
- Lindup M, v. d. (11 2019). Swiss Transplant Cohort Study. Real-life food-safety behavior and incidence of foodborne infections in solid organ transplant recipients. *American Journal of Transplantation*, S. 1424-1430. doi:10.1111/ajt.15725
- Madigan, M., & Martinko, J. (2009). *Brock Mikrobiologie* (11. Ausg.). München: Pearson Studium.
- Maia, J., Cruz, L., & Gregianin, L. (2017). Microbiological profile and nutritional quality of a regular diet compared to a neutropenic diet in a pediatric oncology unit. *Pediatric Blood & Cancer*. doi:10.1002/pbc.26828
- Matteucci, S., Pasquale, G., Pastore, M., & Morenghi, E. (2023). Low-Bacterial Diet in Cancer Patients: A Systematic Review. *Nutrients*. doi:10.3390/nu15143171
- Moody, K. (2019). Neutropenic Dietary Restrictions for Hematopoietic Stem Cell Patients: Time for a Change. *Biology of Blood and Marrow Transplantation*, S. e223-e225. doi:10.1016/j.bbmt.2019.05.011

- Moody, K., Baker, R., Santizo, R., Olmez, I., Spies, J., & Buthmann, A. (2017). A randomized trial of the effectiveness of the neutropenic diet versus food safety guidelines on infection rate in pediatric oncology patients. *Pediatric Blood and Cancer*. doi:10.1002/pbc.26711
- Morrell, M., Baker, R., Johnson, A., Santizo, R., Liu, D., & Moody, K. (2019). Dietary intake and micronutrient deficiency in children with cancer. *Pediatric Blood and Cancer*. doi:10.1002/pbc.27895
- Nicolay, N., & Antwerpes, F. (2024). *Infektion*. Abgerufen am 21. Juni 2024 von DocCheck Flexikon: <https://flexikon.doccheck.com/de/Infektion>
- Növer, M., & Antwerpes, F. (2024). *EPEC*. Abgerufen am 13. Juni 2024 von DocCheck Flexikon: <https://flexikon.doccheck.com/de/EPEC>
- Organspende-Info. (2024). *Vor einer Lebendorganspende müssen strenge Voraussetzungen erfüllt werden*. Abgerufen am 16. Juni 2024 von Organspende: <https://www.organspende-info.de/lebendorganspende/voraussetzungen/>
- Organspende-Info. (2024). *Wichtige Voraussetzungen für eine Organspende sind Zustimmung zur Spende und Todesfeststellung*. Abgerufen am 16. Juni 2024 von Organspende: <https://www.organspende-info.de/organspende/voraussetzungen/>
- Patois, C., Chen, Y., Meiselman, H., Barraco, F., & Giboreau, A. (2020). Designing food and meals for bone marrow transplant patients with compromised immunity. *International Journal of Food Design*, S. 27-51. doi:10.1386/ijfd_00023_1
- RKI. (2011). *EHEC-Erkrankung*. Abgerufen am 13. Juni 2024 von Robert Koch Institut: https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_EHEC.html
- RKI. (2016). *Staphylokokken-Erkrankungen, insbesondere Infektionen durch MRSA*. Abgerufen am 15. Juni 2024 von Robert Koch Institut: https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_Staphylokokken_MRSA.html
- RKI. (2021). Anforderungen an die Infektionsprävention bei der medizinischen Versorgung bei immunsupprimierten Patienten. *Bundesgesundheitsblatt*. doi:10.1007/s00103-020-03265-x
- Schmidt, L., & Erickson, N. T. (2022). Keimarme Ernährung bei der Hochdosistherapie: ein Risiko für PatientInnen. *ErnährungsUmschau*, S. 24-29. doi:Keimarme Ernährung bei der Hochdosistherapie: ein Risiko für PatientInnen
- Schneck, D. (2014). Knochenmarktransplantation (Blutstammzelltransplantation). *Apotheken Umschau*. Abgerufen am 08. Juni 2024 von Knochenmarktransplantation (Blutstammzelltransplantation): <https://www.apotheken-umschau.de/therapie/therapiearten/knochenmarktransplantation-blutstammzelltransplantation-744541.html>
- Sieb, J. (2024). Informationen zur Praxisumsetzung von keimarmer Ernährung . (A. Tröster, Interviewer)

- STCS. (2024). Von About: General Organization: <https://www.stcs.ch/index.php?p=about/general-organisation> abgerufen
- Stella, F., Marasco, V., Levati, G., Guidetti, A., De Filippo, A., & Pennisi, M. (2023). Nonrestrictive diet does not increase infections during post-HSCT neutropenia: data from a multicenter randomized trial. *Blood Advances*, S. 5996-6004. doi:10.1182/bloodadvances.2023010348
- Taggart, C., Neumann, N., Alonso, P., Lane, A., Pate, A., & Stegman, A. (2019). Comparing a Neutropenic Diet to a Food Safety-Based Diet in Pediatric Patients Undergoing Hematopoietic Stem Cell Transplantation. *Biology of Blood and Marrow Transplantation*, S. 1382-1386. doi:10.1016/j.bbmt.2019.03.017
- Trifilio, S., Helenowski, I., Giel, M., Gobel, B., Pi, J., & Mehta, J. (2012). Questioning the Role of a Neutropenic Diet following Hematopoietic Stem Cell Transplantation. *American Society for Blood and Marrow Transplantation*, S. 1385-1390. doi:10.1016/j.bbmt.2012.02.015
- Uhrig, M. (2017). *Ernährung von Patienten mit geschwächtem Immunsystem*. Abgerufen am 13. Juni 2024 von Onkopedia: <https://www.onkopedia.com/de/onkopedia-p/guidelines/ernaehrung-von-patienten-mit-geschwaechtem-immunsystem/@@guideline/html/index.html>
- UPMC. (2023). *Neutropenic diet*. Abgerufen am 13. Juni 2024 von UPMC Hillman Cancer Center: <https://hillman.upmc.com/patients/community-support/education/miscellaneous/neutropenic-diet>
- van Dalen, E. C., Mank, A., Leclercq, E., Mulder, R. L., Davies, M., Kersten, M. J., & van de Wetering, M. D. (2016). Low bacterial diet versus control diet to prevent infection in cancer patients treated with chemotherapy causing episodes of neutropenia (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews*, S. Issue 4 Art. No. DC006247.
- Volkert, D., Bauer, J., Frühwald, T., Gehrke, I., Lechleitner, M., Lenzen-Großimlinghaus, R., . . . Sieber, C. (2013). Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Ernährungsmedizin (DGEM) in Zusammenarbeit mit der GESKES, der AKE und der DGG: Klinische Ernährung in der Geriatrie. *Aktuelle Ernährungsmedizin*, S. e1-e48. doi:10.1055/s-0033-1343169
- Yiallourous, M. (2023). *Regenerationsphase – Engraftment (ca. Tag +10 bis Tag +28)*. Abgerufen am 08. Juni 2024 von kinderkrebsinfo: https://www.gpoh.de/kinderkrebsinfo/content/patienten/behandlung/behandlungsmethoden/pohkinderkrebsinfo Stammzelltransplantation/ablauf_der_szt/regenerationsphase/index_ger.html
- Yoon, S. H., Han, M.-J., & Jeong, H. (2012). Comparative multi-omics systems analysis of *Escherichia coli* strains B and K-12. *Genome Biology*. doi:10.1186/gb-2012-13-5-r37
- Zeidler, C. (2024). *Mangel an weißen Blutkörperchen - (schwere chronische) Neutropenien*. Abgerufen am 21. Juni 2024 von kinderblutkrankheiten.de:

https://www.kinderblutkrankheiten.de/erkrankungen/weisse_blutzellen/neutropenie/

Zhang, J., Wei, Y., & Fang, Z. (2019). Ozone Pollution: A Major Health Hazard Worldwide. *frontiers in Immunology*. doi:10.3389/fimmu.2019.02518

ZKRD. (2024). Abgerufen am 16. Juni 2024 von Zentrales Knochenmarksspenderregister Deutschland: <https://zkrd.de/zwischen-bangen-und-hoffen-2022-erhielten-6-835-patienten-weltweit-durch-stammzellspenden-aus-deutschland-eine-neue-chance-auf-leben/>

Rechtsquellenverzeichnis

Verordnungen:

- Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Lebensmittelzusatzstoffe
- Durchführungsverordnung (EU) 2023/1078 der Kommission vom 2. Juni 2023 zur Genehmigung von aus Sauerstoff erzeugtem Ozon als Wirkstoff zur Verwendung in Biozidprodukten der Produktarten 2, 4, 5 und 11 gemäß der Verordnung (EU) Nr. 528/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates
- Durchführungsverordnung (EU) 2017/1273 der Kommission vom 14. Juli 2017 zur Genehmigung von aus Natriumhypochlorit freigesetztem Aktivchlor als alten Wirkstoff zur Verwendung in Biozidprodukten der Produktarten 1, 2, 3, 4 und 5
- Durchführungsverordnung (EU) 2015/1730 der Kommission vom 28. September 2015 zur Genehmigung von Wasserstoffperoxid als alter Wirkstoff zur Verwendung in Biozidprodukten der Produktarten 1, 2, 3, 4, 5 und 6
- Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 der Kommission vom 15. November 2005 über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel

Normen:

- Deutsches Institut für Normung e.V.; 2019. DIN 10164-1:2019. *Mikrobiologische Untersuchung von Fleisch und Fleischerzeugnissen – Bestimmung von Enterobacteriaceae – Teil 1: Spatelverfahren (Referenzverfahren)*. Berlin: Beuth Verlag, 2019.

7. Anhang

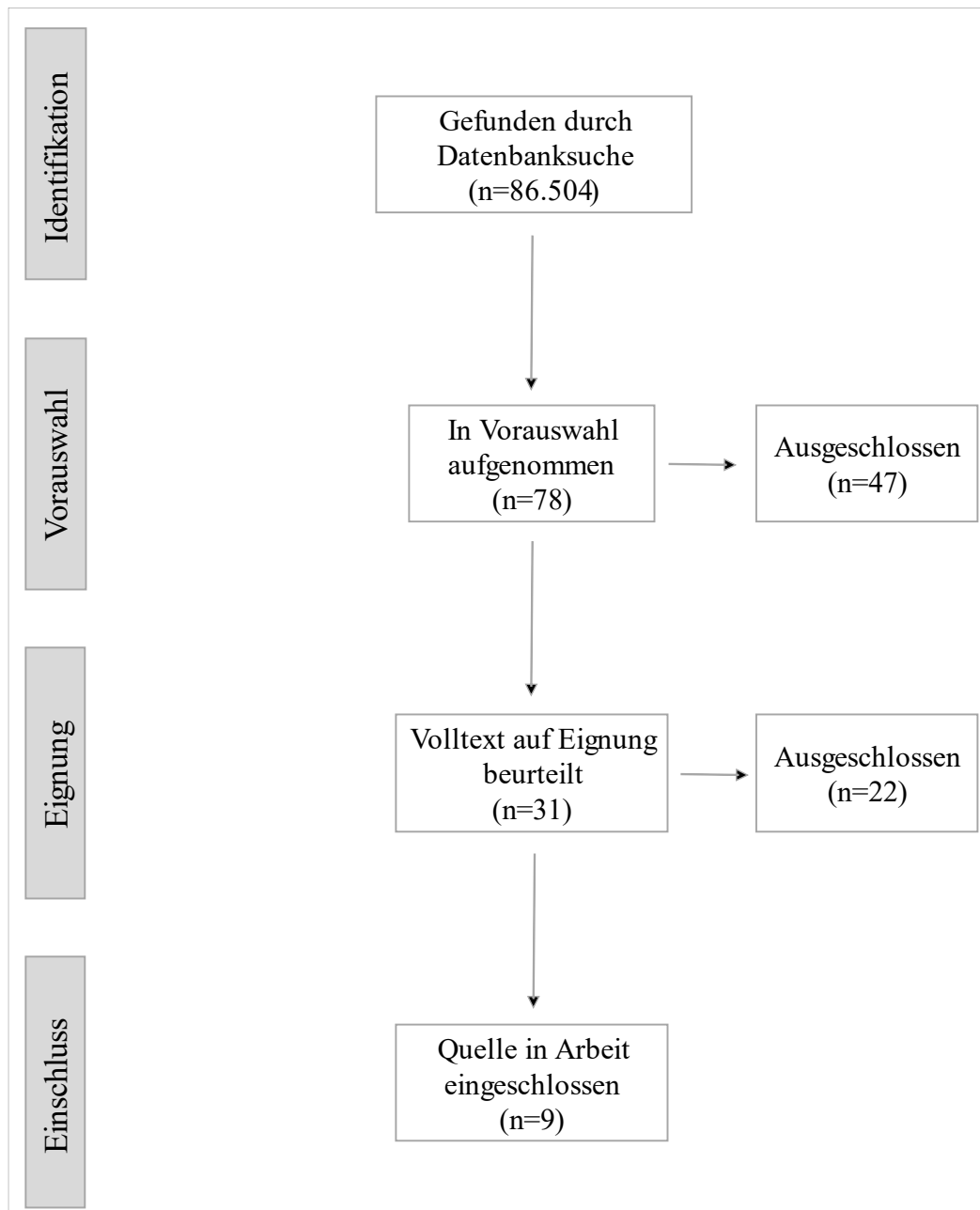
7.1.	Suchanfragenliste	IX
7.2.	PRISMA-Flowchart	XI
7.3.	Interview-Leitfaden	XII
7.4.	Liste kontaktierter Experten	XV
7.5.	Auswertungstabelle der Vorversuche in Verdünnungsstufen	XVI
7.6.	Transkript des Interviews mit Frau Dr. Antje Weimann	XVII
7.7.	Transkript des Interviews mit Frau Dr. Jutta Sieb	XXVII
7.8.	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen	XXIV

7.1. Suchanfragenliste

Suchanfrage Nr.	Datenbank	Schlagworte und Boolesche Operatoren	Treffer	Filter
1	Google Scholar	low-microbial diet food safety guidelines	5.060	Seit 2014
2	Google Scholar	low-microbial diet	7.120	Seit 2014
3	Google Scholar	foodborne infections after transplantation	16.200	Seit 2014
4	Google Scholar	neutropenic diet AND transplantation	14.700	Seit 2014
5	Google Scholar	neutropenic diet food-borne illness	1.900	Seit 2014
6	Google Scholar	neutropenic diet infection	17.400	Seit 2014
7	PubMed	neutropenic diet AND transplantation	19	Seit 2014
8	PubMed	neutropenic diet food-borne illness	3	Seit 2014
9	PubMed	neutropenic diet infection	35	Seit 2014
10	PubMed	low-microbial diet	16	Seit 2014
11	Science Direct	Neutropenic diet	131	Seit 2014, review and research articles, open/HAW access
12	Science Direct	Low-bacterial diet	18.834	Seit 2014, review and research articles, open/HAW access
13	Science Direct	“low-bacterial diet”	25	Seit 2014, review and research articles, open/HAW access
14	Science Direct	“low-microbial diet”	14	Seit 2014, review and research articles, open/HAW access
15	Science Direct	“neutropenic diet”	36	Seit 2014, review and research articles, open/HAW access
16	Science Direct	low-bacterial diet AND transplantation	3429	Seit 2014, review and research articles, open/HAW access
17	HAW-Katalog	Neutropenic diet	68	Seit 2014, Sprache Englisch

18	HAW-Katalog	Low-bacterial diet	2383	Seit 2014, Sprache Englisch
19	HAW-Katalog	Low-microbial diet	2989	Seit 2014, Sprache Englisch
20	Google Scholar	keimarme Ernährung	304	Seit 2014
21	Google Scholar	neutropenische Ernährung	53	Seit 2014
22	Google Scholar	keimarme Ernährung UND Infektionen	270	Seit 2014
23	Google Scholar	keimarme Ernährung UND Lebensmittelinfektionen	14	Seit 2014
24	HAW-Katalog	Keimarme Ernährung	1	Seit 2014

7.2. PRISMA-Flowchart



7.3. Interview-Leitfaden

Bereich	Zielsetzung und Fragen
Begrüßung	Begrüßung Fürs Zeit nehmen danken
Informationen über meine Arbeit	Infektionsvermeidung bei Transplantationspatienten: Chemische Dekontamination von Obst und Gemüse zur Reduktion von Escherichia coli Eigentlich experimentelle Arbeit, die aber natürlich auch einen Literaturteil umfasst und da die keimarme Ernährung doch ein kontroverses Thema darstellt, möchte ich in den theoretischen Hintergrund auch Expertenmeinungen inkludieren, um das ganze abzurunden. - Literaturteil unter anderen Hinführung zu Immunsuppression und damit einhergehenden Restriktionen - Dazu passend keimarme Ernährung als einer meiner Teilaspekte - Möchte untersuchen, inwiefern diese zum jetzigen Forschungsstand von Expertinnen und Experten empfohlen wird. Notwendig?
Einstellung des Experten/der Expertin zum Thema	Herausfinden, inwieweit eine keimarme Ernährung nach Transplantationen als notwendig erachtet wird, in welchem Umfang, ob Hygiene auch eine Rolle spielt.

	- Erachten Sie eine keimarme Ernährung nach Transplantationen als notwendig? Wenn ja, in welchem Umfang? - Welche Vorteile oder Risiken sehen Sie? - Wie nehmen Sie in Ihrem Kollegium die Standpunkte zur Notwendigkeit der keimarmen Ernährung wahr? Wie sehen das andere Personen in Ihrem Fachbereich?
Umsetzung in der Praxis	Praxisbezogene Aspekte erfassen - Welche Empfehlungen bzgl. Ernährung und Hygiene / Umgang mit Lebensmitteln geben Sie in der Praxis? - Wie unterscheiden sich diese zu anderen Transplantationsarten? - Geben Sie zur Hygiene auch Empfehlungen zur chemischen Dekontamination roher Lebensmittel? - Gibt es Check-ups oder Kontrollen, inwiefern die Transplantierten den Empfehlungen nachkommen können? - Welchen Herausforderungen bezüglich der Ernährung nach Transplantationen begegnen Sie? - Welche Erfahrungen mit bakteriellen Infektionen nach Transplantationen haben Sie gemacht? Wenn ja, welche Erreger spielen da eine Rolle? E. coli?

Ausblick	- Welche Trends oder Entwicklungen für die Ernährungs- und Hygieneempfehlungen nach Transplantationen nehmen Sie wahr?
Sonstiges	- Gibt es weitere Aspekte oder Anmerkungen, die Sie zu diesem Thema gerne noch einbringen möchten?
Zusammenfassung	- Wie würden Sie Ihren Standpunkt zur Notwendigkeit keimarmer Ernährung nach Transplantationen zusammenfassen?
Abschluss	- Danksagung - Verabschiedung

7.4. Liste kontaktierter Experten

Klinikum	Anzahl kontaktierter Experten	Rückmeldungen (davon Interview-Zusagen)
Medizinische Hochschule Hannover	2	1 (0)
Universitätsklinikum Erlangen	1	0 (0)
Klinikum der Universität München	1	0 (0)
Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München	2	1 (0)
Universitätsklinikum Jena	1	0 (0)
Universitätsklinikum Knappschafts- krankenhaus Bochum	1	0 (0)
Universitätsklinikum Augsburg	1	0 (0)
Universitätsklinikum Leipzig	4	1 (1)
Universitätsklinikum Mannheim	2	0 (0)
Universitätsklinikum Köln	1	0 (0)
Universitätsklinikum des Saarlandes	1	0 (0)
Marienhause Klinikum Mainz	1	0 (0)
Universitätsklinikum Heidelberg	1	1 (0)
Asklepios Klinik Hamburg St. Georg	1	1 (1)

7.5. Auswertungstabelle der Vorversuche in Verdünnungsstufen

Verdünnungsstufe	Versuchsreihe 3a)	Versuchsreihe 3b)
10^{-1}	198	>200
10^{-2}	111	154
10^{-3}	87	75
10^{-4}	40	12
10^{-5}	0	0
10^{-6}	0	0

7.6. Transkript des Interviews mit Frau Dr. Antje Weimann

Die Aussagen des Interviews wurden im Rahmen der Kodierung zur Auswertung mit Kodierungszahlen versehen. Dabei entsprechen die Zahlen den Kategorien:

- 1: Besonderheiten der jeweiligen Transplantationsart
- 2: Meinungen im kollegialen Umfeld des Experten
- 3: Empfehlungen zur keimarmen Ernährung / Hygiene
- 4: Vorkommen von posttransplantativen Infektionen

Antonia Tröster = AT

Dr. Antje Weimann = AW

AT Hallo.

AW So, jetzt bin ich da und es ist- Türen sind zu, sodass es etwas ruhiger ist, das ist ganz gut.

AT Wunderbar, dann danke auf jeden Fall, dass Sie sich die Zeit für mich nehmen, es ist -

AW Nee, alles gut, ich weiß gar nicht, ob ich Ihnen so viel berichten kann, aber, Sie können gerne loslegen, vielleicht kann man einschränkend nochmal sagen, ich überblick jetzt hier in unserer Abteilung haben wir Lebertransplantierte, Nierentransplantierte und Bauchspeicheldrüsen, Pankreas, in der Regel, Pankreas-Nierentransplantierte Patienten. Das, was wir an diätetischen Prinzipien oder so weitergeben, auch gerade, was keimarme Ernährung angeht, ist sicher anders als die Kollegen nach der Herztransplantation oder der Lungentransplantation - an ihre Patienten weitergeben, weil die 'ne viel höhere Immunsuppression haben und die da schon sehr viel schärfer rangehen als wir das machen. Das vielleicht nur nochmal so als Einschränkung. Also man kann jetzt nicht jeden Transplantierten quasi über einen Kamm scheren, sondern das ist immer von der Höhe der Immunsuppression und natürlich auch von der letztlich letalen Bedrohung, wenn ein Organ ausfällt, oder eine Infektion dazukommt - und das ist bei den Lungenpatienten natürlich viel, viel kritischer als bei den Nieren- oder Lebertransplantierten.¹ Genau. Also - ich - das vielleicht nur als Einschränkung dazu, aber legen Sie los.

AT Klar, ich find's auch total spannend, einfach auch die Unterschiede ein bisschen zu beleuchten, ich mein', klar, wenn wir bei Knochenmarktransplantation - muss man gar nicht erst anfangen mit der Immunsuppression, aber auch ansonsten zu schauen, wie das so verschieden umgesetzt wird -

AW Ja.

AT Ja, also ich befass' mich allgemein erstmal mit der generellen Infektionsvermeidung bei Organtransplantationspatienten, also jetzt nochmal nicht spezifiziert, weil ich ja eher aus dem Ernährungsbereich komme, aber find's halt trotzdem spannend, einfach zu schauen, so, wie's in der Praxis umgesetzt wird beziehungsweise, ob die keimarme Ernährung oder in welchem Umfeld die empfohlen wird, das ist ja doch ein strittiges Thema. Manche sagen, allgemein braucht man sie gar nicht bei Solid Organ Transplants, also bei festen Organen, manche sagen, es ist schon sinnvoll, drauf zu achten, dass man sich keimarm ernährt und so weiter und da, ja.

AW Die Frage ist ja, was definieren Sie als keimarm in dem Sinne, ne? Wenn Sie - ich denke, alle sind sich darüber einig, dass man Fleisch gut durchbraten muss, weil Sie natürlich da Keime haben, die Sie zum Teil eben auch nicht unbedingt erwischen.³ Und wenn es nur Hepatitis E ist, die für den Transplantierten natürlich trotzdem gefährlich werden kann. Also, da ist letztlich ja auch schon keimarme Ernährung in dem Sinne, dass Sie das umsetzen, mit der - mit dem gut Durchbraten und kein rohes Fleisch und so, ne? ³

AT Oder - ja, also in welchem Umfang quasi empfehlen Sie dann Ihren transplantierten Menschen -

AW Also unsere Patienten kriegen für die ersten drei bis sechs Monate, das ist die Phase, wo sie eine höhere - noch eine höhere Immunsuppression haben, bis sie quasi ihre zunächst Basisimmunsuppression erreichen¹, empfehlen wir ihnen, ja, wir nennen das keimarme Ernährung, weil das natürlich auch einschließlich für die Patienten besser greifbar ist und sie auch dann wissen, dass sie aufpassen müssen, weil das auch mit einer gewissen Küchenhygiene - dass man zum Beispiel auch dass Wischlappen erneuert beziehungsweise dann auch weggeschmissen gehören, dazu gehört sozusagen die Reinigung der Bretter und diese Dinge, dazu gehört natürlich, dass man Essen, dass man vielleicht im Zweifelsfalle doch mal eher nochmal aufwärmen würde, dass man das bei Transplantierten ganz sicher nicht macht, sondern alles eben schneller wegschmeißt. Dazu gehört auch, dass sie

durchschimmelten Käse nicht essen dürfen und sie kriegen auch am Anfang, dürfen sie auch kein, kein Camembert, das dürfen sie im Verlauf, wenn sie länger transplantiert sind, dürfen sie das, dürfen sie das schon.³ Es gibt ja viele Dinge, die für Transplantierte so veröffentlicht sind. Wir haben quasi so eine Checkliste gemacht, wo sie wo sie am Anfang rohe Eier, also wie zum Beispiel in Mayonnaise verarbeitet sind, oder rohe Eier in Tiramisu oder Remouladen oder Sauce Hollandaise, dass sie das nicht essen dürfen. Rohmilchprodukte dürfen sie nicht essen und auch natürlich am Anfang eben kein halbrohes Fleisch, Tartar oder auch Salami, das können sie dann so nach sechs Monaten langsam stückweise beginnen. Und das mit dem Durchbraten bleibt auf Dauer, ganz einfach, und das Obst - gut, beim Obst würde man sagen, also schlecht waschbares Obst, also schlecht abwaschbares Obst, dass man das am Anfang vielleicht meidet, gehört auch mit in die gleiche Gruppe. Das bedeutet aber nicht, dass sie dann im nächsten Jahr nicht doch Erdbeeren oder so Essen können. Also am Anfang sagen wir denen schon, alles, was sie nicht gut abwaschen können, und was sie nicht schälen können, sollen sie im Moment mal weglassen, aber das ist wirklich für die erste Zeit nach der Transplantation, drei bis sechs Monate dann. Manche fragen dann auch bewusst "Darf jetzt wieder das und das essen?", das macht's dann immer einfacher. Andere fangen dann, glaube ich, auch schon vorher an damit.³ Wir haben jetzt auch, muss man ehrlicherweise sagen, jetzt - ich kann mich jetzt an keinen Patienten erinnern, der jetzt nachgewiesen durch eine Lebensmittelinfektion oder so Schaden genommen hat. Also, dass er ein schweres Ereignis oder so hatte⁴, aber man ist natürlich froh über jede, jedes Erbrechen, was nicht stattfindet, ganz einfach, weil wir potenziell auch Medikamente dann in der Wirkung verlieren, auch das ist sozusagen, spielt ja auch eine Rolle mit. Dann gehört, das hat natürlich mit keimfrei nichts zu tun, da gehören ja solche Dinge, die mit der Medikation interagieren können, so was wie Grapefruit oder auch Pomelo dazu, dass man die auch nur sehr bewusst, also mit großem Abstand zu den Medikamenteneinnahmen, quasi weit entfernt von der Einnahme sowohl nach hinten also auch bis zur nächsten Einnahme nur maximal essen kann oder beziehungsweise einfach drauf verzichtet, aber das hat letztlich mit der Hygiene ja nichts zu tun oder mit der keimarmen Ernährung, sondern mit der Interaktion mit dem Essen.

AT Also gibt es auch richtig Hygienerichtlinien quasi zum Küchenumgang?

AW Ja, also (*lacht*), ich lach deswegen, weil wir früher eine Schwester hatten, die wirklich vor jeder Entlassung das mit den Patienten so durchgegangen ist.³ Das scheitert so ein bisschen an - je nachdem, wer sozusagen die Patienten entlässt oder auch, wann sie entlassen werden. Wenn sie am Wochenende von Station entlassen werden, muss man da dann nochmal im ambulanten Setting nachfassen. Und ist aber jetzt nicht so, dass dann jemand mit der Checkliste sitzt und jemanden aufklärt, sondern das ist eher mit durch Aushändigen von Merkblättern oder einem Merkblatt dann - und auf genaue Fragen. Aber wenn jemand dann indolent oder harmlos ist, je nachdem, dann fragt er nicht, sondern macht einfach. Aber dass man jetzt drauf kommt und sagt "Das hätten Sie jetzt nicht essen sollen", also da kann ich mich jetzt nicht bewusst erinnern, weil wir haben auch nicht wenige Hepatitis E-Infektionen nach Transplantationen, was heißt "nicht ganz wenig", das sind, gut, das sind zwei im Jahr so ungefähr, das ist natürlich nicht viel gesehen auf die Patienten, aber es ist so gesehen, es ist nicht ganz selten. Also das kommt immer mal wieder vor und dann wissen wir ja auch nicht genau, was die gegessen haben, ob sie im Restaurant eben doch nicht gut durchgebratenes Fleisch gegessen haben oder wo sie sich das eingefangen haben, das ist halt schwierig, das kriegt man dann nicht mehr raus.⁴

AT Gibt es noch andere Infektionsarten, welche Ihnen so einfallen, welche noch so nach Transplantationen vorkommen?

AW Man hat natürlich immer Sorge, dass sie sich Pilze einfangen, also auch durch jetzt zum Beispiel, das könnte, ja Schimmelpilze jetzt nicht unbedingt, aber auch Aspergillose oder sowas⁴, was ja auch in der Erde sein kann, das ist jetzt mehr so, dass sie Gartenarbeit schon machen können, aber mit Handschuhen natürlich und keinen Kontakt Handschuh mit Mundbereich also so, dass man sich mal irgendwie die Nase abwischt mit dem Handschuh oder so, solche Dinge, aber auch das muss man ehrlicherweise sagen, ich sag mal, wenn jemand eine Pilzinfektion hat, dann war das nie nachvollziehbar, dass es jetzt irgendwie aus dem Garten oder von irgendwie Ernährung gekommen wäre, sondern das war dann aufgrund einer extrem kritischeren Situation als, ich sag mal, noch obendrauf auf eine andere Infektionsgeschichte und es war dann einfach mal Ausdruck einer generalisierten Immunsuppression und Infektanfälligkeit, primärer Auslöser durch die Ernährung zuhause.⁴

AT Ok, das ist natürlich auch nochmal sehr schwierig nachzuverfolgen, woran es gelegen haben könnte, wenn man nicht unglaublich akribisch Protokoll führt oder so, auf jeden Fall.

AW Ja, ne, also das schwierig, also es ist mehr empirische Medizin als jetzt wirklich nach Studien oder so. Was vielleicht für Sie ganz interessant sein könnte, ist, dass es in Berlin von der Charité mal eine Studie gab bei Lebertransplantierten, denen man relativ früh, in der Frühphase schon quasi sowas wie Actimel gegeben hat. Das sind ja auch immer so - oder - das geistert dann auch viel rum, dass sowas quasi Infektionen triggern könnte oder aber auch vielleicht im schlimmsten Falle eine Abstoßung und das war im Gegenteil so, die haben weniger Infektionen gehabt, weniger Lungeninfektionen, zum Beispiel. Aber die kann ich Ihnen jetzt im Moment nicht - ich weiß nur, dass es von der Charité kommt und bei Lebertransplantierten und das ist sicher schon zehn Jahre her. Ja, aber, kann man wahrscheinlich auch nicht Actimel eingeben, weil die nicht Actimel gekriegt haben, sondern so etwas ähnliches. Das war dann mit geringeren Infekten und keine Abstoßung oder so. Deswegen erlaubt man das auch, bloß wenn Sie, natürlich, wenn Sie jetzt 30 Kilometer weiter nach Halle fahren und Nierentransplantiert werden, dann kann es sein, dass Sie noch wieder andere Auskünfte kriegen. Nicht grundsätzlich, aber jeder passt auch immer ein bisschen eigene Erfahrungen, was vielleicht gewesen ist oder so, das kann schon einmal ein bisschen ändern². Aber grundsätzlich - wir sagen den Patienten natürlich auch, dass sie, wenn sie Tiefkühl kaufen, dass sie die Kühlkette einhalten sollen und Mindesthaltbarkeitsdatum, solche Tipps, das steht alles auch auf diesem Merkzettel, den die Patienten in die Hand bekommen, ne?³

AT Das ist alles wichtig, auf jeden Fall. Wie sieht es mit chemischer Dekontamination aus? Ist jetzt nicht so - also ich meine, das ist nicht verbreitet, dass man jetzt seine Lebensmittel selbst mit Essig oder sowas dekontaminiert, aber wäre das eine Option, um die Keime zu reduzieren?

AW Erklären Sie mir das nochmal genauer.

AT Also es ist quasi so ein bisschen das, was ich jetzt in meiner Arbeit untersuche, weil das jetzt noch nicht wirklich erforscht ist oder so, aber ich untersuche so ein bisschen, inwieweit, wenn man frischen Salat zum Beispiel essen möchte, als frisch Transplantierter, aber man sich denkt "Na gut, da ist die Keimbelastung hoch", dass man dann selber mit Haushaltsmitteln zum Beispiel Essig, also

chemisch, dann den Salat behandelt, um dann zu schauen, dass dann die Keimzahl geringer ist.

AW Also Abwaschen gehört ja so zur Hygiene dazu und Essig wäre ja insofern nicht verkehrt, als dass Sie natürlich, zumindest bei Salat wäre das ja kein Thema. Aber ehrlich gesagt habe ich jetzt bisher nicht so irgendwie jemandem erzählt, dass er zum Beispiel seine Kartoffeln mit - die kann man ja auch schälen, - aber nee, da muss ich passen.

AT Gar kein Problem, das ist ja auch noch ein sehr frisches Thema, das finde ich nur allgemein sehr spannend. Haben Sie andere Meinungen zu der keimarmen Ernährung oder dass man sich halt keimarm ernähren sollte - in ihrem Fachbereich andere Meinungen mitbekommen? Oder ist es so ein bisschen in Ihrem Bekanntenkreis quasi allgemein so vertreten?

AW Nee, also hier ist das in der Klinik ziemlich eingängig, also vielleicht nochmal so Steckendinger, also ich sage allen Patienten, dass sie kein Softeis mehr dürfen, also das liegt aber an den - weil ja in diesen Geräten bei diesem Reinigungsprozess nicht so gut ist, also sie können normales Eis essen, so aus dem Bottich, aber diese Automaten oder so, da kann schon mal was eher sein, also solche Dinge, das sie hinterher einen Magen-Darm-Infekt dadurch kriegen, also das können auch andere Menschen kriegen und nicht unbedingt nur Transplantierte, aber ja, sonst, das, was ich Ihnen jetzt so gesagt hatte, ne? Das mit den rohen Eiern, Rohmilch.³ Ich kann Ihnen auch den Zettel irgendwie per - ich kann Ihnen den mal einscannen und per Mail nochmal mitschicken.

AT Oh, das wäre super!

AW Dann haben Sie es nochmal schriftlich, ne? Und wir haben eben versucht, das auf zwei Seiten zusammenzufassen, weil, ich sag mal, große Abhandlungen, je länger, desto weniger wird's gelesen und bei zwei Seiten hatten wir eigentlich gehofft, dass das ein bisschen eingängiger ist. Da stehen natürlich auch solche Dinge drin wie, das hat mit der Hygiene nichts zu tun, sondern wie hoch die Trinkmenge sein soll, wie die Zusammensetzung ist, dass sie eben nicht Zucker über die Getränke zu sich nehmen sollen, und welche Fettarten, das hat mit der Hygiene nichts zu tun, sondern ist allgemein da mit reingeflutscht, wenn man schonmal das mit der Ernährung hat, deswegen.

AT Ja, das ist ja auf jeden Fall wichtig. Ich wollte noch einmal nachfragen: Sie meinten, so von drei bis sechs Monaten ist es quasi so die noch wichtigere Phase. Wird dann die Immunsuppression runtergesetzt, oder wie kommt es zustande, dass es dann freier wird?

AW Also drei Monate sind tatsächlich die Frühphase nach Transplantationen und die sechs Monate - das ist auch so ein bisschen abhängig davon, wenn - ich sag mal, Abstoßungen können jederzeit auftreten, aber die Wahrscheinlichkeit zur Abstoßung ist in der Frühphase etwas höher, sodass sie immer noch eine höhere Immunsuppression haben und die nehmen sie im Verlauf dieser ersten sechs Monate einfach graduell runter und erreichen quasi nach sechs Monaten so eine Erhaltungsmedikation. Die sind dann weiter immunsupprimiert, aber nicht mehr so hoch wie am Anfang und - also deswegen ist diese Phase so ein bisschen herausgehoben.¹

AT Ja, das ergibt auf jeden Fall Sinn.

AW Aber es ist jetzt nicht so, jemand ist am 24.12. transplantiert und dann am 24. Juni ändert sich das Leben komplett - das ist Quatsch, also das ist einfach mehr so ein Gleitprozess quasi, wo man ein bisschen lockerlassen kann.

AT Es kommt ja immer auch individuell auf die Person an.

AW Ja, ja, auf die Person und auch auf die Verläufe und die Höhe der Immunsuppression - wenn jemand jetzt nochmal eine Abstoßung hatte, dann verschärft man das Ganze vielleicht am Anfang nochmal wieder ein bisschen, und dann kann man wieder zurück.^{1,3}

AT Gibt es allgemein so Herausforderungen bei der keimarmen Ernährung, die Ihnen begegnet sind, in der Praxiserfahrung oder so? Es ist halt immer schwierig zurückzuverfolgen, nicht wahr? Wenn es Infektionen gibt.

AW Das habe ich gerade akustisch nicht gut verstanden. Meinen Sie, - Sagen Sie nochmal - also ob da einzelne Patienten waren, die -

AT Ja, oder allgemein Herausforderungen mit der keimarmen Ernährung, also welche Herausforderungen Sie im Rahmen sehen, ob es sei, Umsetzung ist schwierig, oder es kommt trotzdem zu Infektionen, oder -

AW Ja, gut, also Sie haben wie immer im Leben Patienten, für die es wichtiger ist als für andere und für andere ist es notwendig, aber jetzt nicht so wichtig, also Sie haben manche, die löchern Sie mit Fragen zu dem Thema, wo man das Gefühl hat, wer sich so um Ecken dreht, für den hat das schon großen Stellenwert, aber gut,

das ist halt unterschiedlich so ein bisschen. Aber Herausforderung kann man eigentlich nicht so sagen, also manchmal rufen die Ehefrauen an, die sich dann mehr Sorgen machen als die Männer, weil sie damit nicht rüberkommen, aber insgesamt ist das nicht so, dass das so einen hohen Stellenwert hat und wie die Infektanfälligkeit ist, ist ja nicht direkt so, dass jemand durch die Ernährung Infekte bekommt, sondern er bekommt sie, weil er jetzt ohnehin prädestiniert war durch die Immunsuppression und dann sind das eher nicht typische Dinge durch die Ernährung, sondern auch eher besondere Keime oder so.

AT Ein sehr spannendes Thema. Gibt es allgemein Trends oder Entwicklungen bei den Ernährungs- oder Hygieneempfehlungen, die Sie wahrnehmen, oder war das quasi seit 20 Jahren so Gang und Gäbe, dass das die Empfehlungen sind

AW Die Empfehlungen sind sicher eher lockerer geworden mit der Erfahrung, also dass man das am Anfang strenger gemacht hat und die Lungenärzte machen es auch strenger, also wenn Sie jetzt zum Beispiel unseren Herrn Selig vom Ernährungsteam anfragen würden, der sieht jetzt zwar keine Patienten im Langzeitverlauf, sondern nur frisch transplantiert eher, und der gibt dann allen sozusagen sehr strenge Regeln. Wir hatten also zum Beispiel mal jetzt einen Vortrag, der drehten plötzlich alle mit den Augen, weil sie das Gefühl hatten, "Oh Gott, wir machen es alle falsch". Die waren schon zig Jahre transplantiert und da war das jetzt keine große Rolle mehr, aber für die Frühphase ist das - aber wie gesagt, richtig gute Untersuchungen dazu gibt es meistens nicht, aber nur meines Wissens, also das habe ich jetzt nicht so bewusst gesucht, ja, genau.

AT Vielen Dank auf jeden Fall schonmal. Gibt es weitere Aspekte oder Anmerkungen zum Thema keimarme Ernährung - ist ja nur ein sehr kleines Spartenfach, was ich hier nur erfrage. Aber gibt es allgemein noch Aspekte, die Sie gern mit einbringen würden, die ich jetzt in meinem Fragenspektrum noch nicht hatte?

AW Nee, also ich sage ja immer, Ernährung ist das eine, Bewegung ist das nächste, also das ist so, das ist das, was diejenigen, die sich um die Entlassung besonders drehen bei den Patienten, dann häufig vergessen, aber, nee, sonst, ich schicke Ihnen mal das Blatt, was wir gemacht haben, dann haben Sie das nochmal.

AT Ja, das wäre super.

AW Ja, aber es ist ein Baustein. Wenn Sie das zu den Lungentransplantierten wissen wollen, die das machen, da müssten Sie Frau Oberärztin Wald, wie der Wald mit

den Bäumen, Alexandra Wald. Die könnten Sie sicherlich auch fragen. Unsere E-Mail-Adressen sind immer, das können Sie auch sehen, wenn ich Ihnen das gleich schicke, das ist immer der Vorname mit dem Nachnamen und ich schreibe Ihnen das nochmal dazu dann. Also da könnten Sie vielleicht auch nochmal anfragen, ob sie Ihnen kurz was telefonisch mal beantwortet oder so, dann hätten Sie, glaube ich, ein bisschen besseren Überblick darüber.

AT Ja, es ist ja auch wirklich nur diese eine Sparte der keimarmen Ernährung, die ich jetzt hier mal von Experten befragen möchte.

AW Also die Lungen sind sicherlich am höchsten quasi noch, dass man da am meisten aufpasst, und vieles ist ja auch nicht nur beim Essen, sondern bei dem Einatmen, das spielt auch eine Rolle.

AT Oh, ja, stimmt!

AW Das spielt wie gesagt für die Nieren- und Leberpatienten nicht so eine große Rolle.¹

AT Das ist ja wirklich ein faszinierendes Thema!

AW Ja! Und Sie sind in Hamburg und hat Ihnen jemand diese Arbeit mit aufgetragen oder haben Sie selber gesagt "Ich mach das Thema" oder wie ist das?

AT Ich wusste, dass ich so ein bisschen in die mikrobiologisch Richtung gehen wollte, das war mein erstes Standbein, und dann habe ich meine Professorin mal gefragt, in welche Richtung Sie es sich vorstellen könnte und da kam die Organtransplantation ins Spiel als einer der Themenvorschläge, wo ich mir direkt dachte "Ja, ich finde das Medizinische eh auch sehr interessant", parallel zu Ernährungswissenschaften, wo ich ja eigentlich herkomme und find's toll, dass ich das hier jetzt so ein bisschen fusionieren kann, dass ich quasi sowohl einfach biologisch im Labor aktuell jeden Tag für meine Versuchsreihen bin als auch für den Literaturteil und für den ganzen Hintergrund nochmal hier mich mit befassen kann.

AW Und ich sag mal, Transplantationszentren rund um Hamburg hat Ihnen da auch schon zur Seite gestanden, weil die machen ja auch einiges?

AT Also ich habe noch keine Antwort bekommen, aber ich habe meine Expertensuche einfach mal direkt auf Deutschland ausgeweitet, weil ich mir auch vorstellen kann, dass viele auch einfach viel zu tun haben oder es gerade nicht passt oder so. Das heißt, ich habe direkt in ganz Deutschland Transplantationskliniken kontaktiert.

AW Ah, ja, also wie gesagt, grundsätzlich wird das alles ähnlich sein mit kleinen Abweichungen oder jeder betont was Eigenes wahrscheinlich. Also wie gesagt, es ist

nicht untersucht, aber wollen wir es mal so sagen, es schadet den Patienten nicht, weil so das mit dem Durchbraten, das sind so Regeln, die auf Dauer auch eine Rolle spielen.^{1,3}

AT Das ist ja auch allgemein eine Empfehlung für die Allgemeinbevölkerung.

AW Ja, genau, richtig. Also, ich scanne Ihnen das ein und wenn Sie nochmal Fragen haben, können Sie gerne nochmal anrufen.

AT Super!

AW Also, Telefonieren ist immer ein bisschen einfacher als Eintippen.

AT Alles klar. Danke auf jeden Fall für Ihre Zeit!

AW Dafür nicht, alles Gute für Ihre Arbeit!

AT Danke schön, tschüss!

AW Ja, tschüss!

7.7. Transkript des Interviews mit Frau Dr. Jutta Sieb

Die Aussagen des Interviews wurden im Rahmen der Kodierung zur Auswertung mit Kodierungszahlen versehen. Dabei entsprechen die Zahlen den Kategorien:

- 1: Besonderheiten der jeweiligen Transplantationsart
- 2: Meinungen im kollegialen Umfeld des Experten
- 3: Empfehlungen zur keimarmen Ernährung / Hygiene
- 4: Vorkommen von posttransplantativen Infektionen

Antonia Tröster = AT

Jutta Sieb = JS

JS Sieb, hallo?

AT Hallo, hier ist Antonia Tröster, die "Organtransplantationsstudentin"

JS Hallo!

AT Passt es gerade?

JS Ja!

AT Oh, das ist wunderbar! Auf jeden Fall danke, dass es so funktioniert. Ich denke, ja, so eine Viertelstunde wird es dauern, ich habe ja nur sehr spezifische Fragen und da ist es richtig, richtig toll, mal mit einer Fachperson zu sprechen.

JS Ja, wobei ich auch ein bisschen raus bin, aber ich habe es lange gemacht, aber jetzt schon eine Weile nicht mehr, aber ich glaube, das meiste weiß ich noch (*lacht*)

AT Ah super, ja, genau, also ich schreibe ja gerade meine Bachelorarbeit jetzt in Ökophologie -

JS Ja

AT ... gehe da aber sehr in die biomedizinische Richtung, weil mich das auch sehr interessiert und befass mich allgemein so mit Infektionsvermeidung nach Organtransplantationen, dann eben aus Sicht der Ernährung, also auch Hygiene, aber auch so Ernährungsrichtungen, so ob es was hilft, wenn man chemisch dekontaminiert zum Beispiel. Das ist so mein konkreter Versuch, wo ich dann ein paar Experimente auch gemacht habe, so das ist so mein Hauptthema. Und allgemein recherchiere ich jetzt auch vor allem dazu, inwiefern es als sinnvoll erachtet wird, sich nach

Organtransplantationen - es gibt natürlich ganz viele verschiedene und da gehe ich auch auf die Arten ein - keimarm zu ernähren, also inwiefern das so sinnvoll ist. Also kein rohes Gemüse und so etwas in diese Richtung. Da suche ich aktuell sowohl in der Literatur, aber auch aus Fachpraxiserfahrung so ein bisschen die Antwort. Genau, also allgemein das ist meine Arbeit und das ist so das Thema, worüber ich gern kurz sprechen würde, wie das auch so aktuell gesehen wird. Forschungsstände ändern sich ja immer mal wieder und genau, so, von der Praxis, wie es da so ist. Also die größte Frage, die ich so habe, ist: Erachten Sie, jetzt auch aus der Praxiserfahrung, eine keimarme Ernährung nach Organtransplantationen als notwendig? Oder in welchem Umfang als notwendig?

JS Also, tatsächlich, was ich wenig kenne, ist die aktuelle Datenlage dazu, muss ich zugeben, also ich kann nur sagen, was wir so aus Erfahrung und wie wir es so gehandhabt haben, ne? Und was ich da vorab sagen kann, ist, dass da fragst du - also ich bin ja in der Stammzelltransplantation gewesen, ne?

AT Ja.

JS Da fragst du fünf Ärzte und kriegst fünf Einschätzungen dazu.²

AT Ja, das finde ich gerade das Spannende daran.

JS *(lacht)* Also, wie gesagt, ich kenne die Datenlage nicht, dazu habe ich mich zu lange nicht mehr damit beschäftigt, aber dass ist da gar keinen Standard gibt, vorab, ne? Sondern das ehrlich gesagt jedes Zentrum so ein bisschen handhabt, wie sie es für richtig halten und da habe ich auch zum Beispiel zwei verschiedene Chefs erlebt oder zwei verschiedene Schulen erlebt, und zwar war mein ursprünglicher Chef oder Oberarzt, mal so, "Hauptsache, sie essen, das ist mir wichtig" und machte dann fast gar keine Einschränkungen, außer irgendwie keine rohen Eier und kein rohes Fleisch. Dann mein letzter Chef war zum Beispiel da ja sehr streng so. Aber wie gesagt, das beruhte vor allem darauf, dass es da gar keine richtig valide Datenlage zu gibt, was es denn bringt oder was es nicht bringt, ne? Sich total keimarm zu ernähren und so.² Ich persönlich hab es meinen Patienten, auch weil ich die Erfahrung gemacht habe, dass die einfach alle Problem haben, ihr Gewicht zu halten, weil die haben alle noch Übelkeit, die haben Abstoßungsreaktionen, können eh schlecht essen. Und wenn ich denen dann alles verboten hab, dann haben sie immer mehr abgenommen und dann waren die ständig in so einem katabolen Zustand und also, ich habe tatsächlich selber die Empfehlung eigentlich nur gegeben, so ein bisschen so

wie Schwangere sich zu ernähren, ne? Also so versuchen, Salmonellen zu vermeiden, also keine rohen Eier, Fleisch gut durchgaren, keinen rohen Fisch, so. Aber zum Beispiel hab' ich nicht gesagt, "Du musst im Supermarkt akribisch auf jeden Käse gucken, ob der auf pasteurisiert ist", weil fast jeder Käse pasteurisiert ist, und mein Gynäkologe hat damals zu mir gesagt (*lacht*) "Wissen Sie was, die Frauen in Frankreich, die Rohkäse essen, die kriegen ja auch alle gesunde Kinder", also das war tatsächlich, also ich war da eher großzügig mit dem, was sie essen können, einfach, um diese Unterernährung zu vermeiden. Wenn du denen halt alles verbietest, dann essen sie gar nichts mehr, und das ist meiner Meinung nach gefährlicher als die Gefahr durch Listerien oder durch Toxoplasmose oder durch schimmelbildende Erreger sich zu infizieren.^{1,3}

AT So bei Obst und Gemüse war es auch eher einfach offen? Also jetzt auch so rohes Obst oder Gemüse?

JS Ja, also von mir aus die Patienten gerne eine Tomate und so essen. Was man schälen kann, gerne schälen, und was nicht zu schälen geht, das habe ich denen jetzt auch nicht verboten, zum Beispiel, ne? Also Erdbeeren kann man gut waschen, also im Prinzip alles so mit gesundem Menschenverstand bei Hygiene. Bei Wurst- und Käsepackungen hab' ich gesagt, dass sie gerne eine kleine Packungen kaufen, dass die halt nicht so lange offen sind. Da dann aber auch gerne das Abgepackte und nicht unbedingt von der Käsetheke. Aber da habe ich auch gesagt, wenn sie total Lust darauf haben, dann essen Sie es. So, weil so meiner Meinung nach die viel größere Gefahr durch die Unterernährung kommt und nicht durch die Keimbelastung im Essen.^{1,3}

AT Ah, ok. Sie kommen ja von der Stammzellentransplantation, nicht wahr?

JS Ja, genau.

AT Wird da das Immunsystem noch mehr heruntergefahren als zum Beispiel bei der Lebertransplantation, wissen Sie das?

JS Ja, ja, also bei der Lebertransplantation hat man ja vor allem die medikamentöse Immunsuppression, ne? Durch die Tabletten, die man danach nimmt. Die hat man bei der Stammzellentransplantation auch, aber bei der Stammzellentransplantation hat man ja zusätzlich noch den Faktor, dass praktisch die immunbildenden Zellen ja komplett erneuert wurden und mitunter einfach noch eigentlich regelhaft noch nicht in der ausreichenden Menge da sind, wie sie sonst sind. Also weil auch quasi das

ganze Immunsystem ja selber nochmal erneuert wurde und nicht nur medikamentös eine Immunsuppression stattfindet, wie es bei der Organtransplantation ist.¹

AT Ja, total spannend, das so zu vergleichen, was natürlich total, ganz, ganz unterschiedlich ist. Und haben Sie auch so Fälle miterlebt von bakteriellen Infektionen oder so?

JS Ehrlich gesagt nicht, nein, also ich habe das vierzehn Jahre gemacht da und also, dass nachweislich irgendwie eine durch Nahrungsaufnahme entstandene Infektion ... habe ich nicht erlebt. Natürlich erlebt man mal Schimmelpilzinfektionen in der Lunge, so, aber das heißt ja nicht, dass es aus dem Essen kommt oder von wo auch immer. Die sind einfach maximal immunsupprimiert, diese Menschen mitunter. Teilweise nehmen sie sehr viel Cortison, wenn sie schwere Abstoßungsreaktionen haben, dann sind sie vom Immunsystem eigentlich rohe Eier, kann man so sagen. So. Eine zerebrale Toxoplasmose habe ich auch schon gesehen, aber wer weiß, ob es jetzt von dem Salat kam, wo die Katze draufgepinkelt hat, so, ne? So, ja.⁴

AT Stimmt, das kann man dann ja auch gar nicht wissen.

JS Ja, also ich kann nur aus meiner Erfahrung sagen, dass ich es trotz dieses wirklich ja hoch immunsupprimierten Patientenkontexts eher großzügig gehandhabt hab und ich weiß auch, dass das in vielen Kliniken immer mehr der Trend ist, dass auch so die Isolierung nicht mehr so streng ist wie sie vielleicht mal vor zwanzig Jahren war. Wenn sie dann unter der Transplantation sind oder so, weil man eigentlich weiß, dass die meisten Infektionen eigentlich Endogene sind, ja.^{1,3}

AT Findet dann auch eine starke Isolation statt, also Isolierung dann von der ganzen Außenwelt?

JS Also in unseren Haus gibt es eine Leukemia Unit, also eine Leukämie-Station, die hat da, also die ganze Station, ein Filtersystem, also, bevor man die Station betritt, ist ein Schleusenraum und dann ist dann sozusagen ein gewisser Überdruck der Station, der sozusagen die Druckluft von außen rausdrückt, ne? Das ist nichts, was man merkt, so, dieses System, ne? Und dann sind da Filteranlagen, die noch die Aspergillen sozusagen rausfiltern sollen und das Personal hat Bereichskleidung an, mit denen sie auch eigentlich nicht rausgehen sollen, und wenn man mit Kleidung die Station betritt, wo man sich nicht umzieht, zum Beispiel Besucher, die ziehen dann so einen Einmalkittel drüber.¹

AT Die Patienten, die dann quasi Stammzelltransplantiert wurden, halten sich für längere Zeit einfach nur in diesem abgetrennten Bereich auf?

- JS** Genau, die bleiben auf der Station. Immer auf der Station. Also früher bei unseren alten Stationen war es so, die hatten dann Zimmer, dann durften Sie das Zimmer nicht verlassen. Und da dürfen sie immerhin das Zimmer verlassen und sich auf der Station bewegen.¹
- AT** Achso! Und dann also zur Hygieneumsetzung: Geben Sie da auch Empfehlungen? Also schälen, wenn möglich natürlich, und abwaschen ...
- JS** Ja, also als ich das noch aktiv gemacht habe, haben wir immer so ein Abschlussgespräch gemacht zur Entlassung, wo wir solche Themen durchgesprochen haben. Dann gibt es so Broschüren natürlich auch, Essen nach Stammzelltransplantationen und allgemein Verhalten nach Stammzelltransplantationen.³
- AT** Haben Sie die Broschüre noch?
- JS** Ich habe keine. Du kannst mal in der Tagesklinik in Sankt Georg anrufen und fragen, die haben mit Sicherheit welche. Oder du schreibst eine Mail an - soll ich dir ne E-Mail-Adresse sagen?
- AT** Gerne!
- JS** Ich mach mal eine vom Empfang: G Punkt, also Gustav.
- AT** Ja
- JS** Wrage, W, R, A, G, E.
- AT** Ja.
- JS** "et" Asklepios Punkt com.
- AT** Ja.
- JS** Oder alternativ unsere Transplantkoordinatorin, vielleicht hat die auch eine. Warte ... R Punkt.
- AT** Ja
- JS** Steenbock. S, T, E, E, N, B, O, C, K.
- AT** N oder M?
- JS** N wie Nordpol.
- AT** Ok.
- JS** "et" Asklepios Punkt com.
- AT** Super, alles klar, danke! Da werde ich mich nochmal melden, ob das vielleicht möglich ist. Alles klar. Also beim Abschlussgespräch gaben Sie dann noch die Broschüre heraus und gaben nochmal die Informationen zu Hygiene, Menschenverstand, nicht rohe Eier essen und so?

JS Genau, und wie gesagt, da ist das Aufklärungsgespräch auch wirklich, je nachdem, wer es macht. Da gibt es wenig Standards, also das ist von Zentrum zu Zentrum oder von Chefarzt zu Chefarzt unterschiedlich, ne? Und je nach Erfahrung sagt man auch einfach andere Dinge, so. Also es gibt welche, die sind sehr streng in den Empfehlungen², und welche, die sind so wie ich und sagen eher, dass es wichtig ist, dass du überhaupt isst, ne? Dass du nicht die ganze Zeit so katabol vor dich hinvegetierst, weil dann ist das Immunsystem noch schlechter, wenn sozusagen die ganze Zeit so ein kataboler Zustand ist.³

AT Also allgemein kann man zusammenfassen, dass es sehr unterschiedlich ist, was praktiziert oder als Tipps gegeben wird. Es kommt logischerweise ganz auf die individuelle Erfahrung an, macht ja auch total Sinn. Wenn man super viele bakterielle Infektionen miterlebt, ist man da vermutlich vorsichtiger

JS Also du musst da gucken, vielleicht gibt es von der DGHO oder auf Onkopedia oder so, ob es da vielleicht auch Empfehlungen so von der Fachgesellschaft gibt.

AT Ah, also ich habe bisher in der Literatur auf jeden Fall sehr Verschiedenes gefunden. Da ist es echt unglaublich polarisiert, also von irgendwie "Man sollte alles vermeiden, Infektion ist da Schlimmste" zu "Es ist fast schon widerlegt", aber das Ganze in sehr kleinen Studien, wo man jetzt nicht auf so viel schließen kann, aber so Ministudien, die dann wieder widerlegen und sagen "Nein, es ist total gleich, ob man sich keimarm ernährt oder nicht". Also die Unterschiede sind sehr groß da.

JS Ja

AT Ja, aber es ist auf jeden Fall spannend, es jetzt aus der Praxiserfahrung jetzt nochmal so rauszufinden.

JS Ja, ich habe jetzt nochmal spontan gegoogelt, da gibt es zum Beispiel eine Studie, die auf der DGHO ist, also von der deutschen Gesellschaft für Hämatologie und Onkologie, von Esch 2022, also von der amerikanischen Fachgesellschaft 2022, die geht um Neutrodiät, erregerarme Diät versus nicht restriktive Diät. Infektionen und Fieber, also überhaupt kein signifikanter Unterschied. Also das ist auch meine Meinung, aber das ist, wie gesagt, eher ein Erfahrungswert.

AT Ah, ok. Ich danke für diesen Einblick in die Praxis, wie das da so ganz verschieden natürlich gehandhabt wird, was ja auch Sinn ergibt. Und das waren auch schon meine Fragen. Danke, dass das so geklappt hat!

JS Ja, prima! Sehr gerne!

AT Ich stürze mich begeistert weiter in meine Arbeit.

JS Wunderbar, ganz toll!

AT Haben Sie noch einen sehr schönen Tag!

JS Ebenso, danke! Tschüss!

AT Tschau!

7.8. Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen

7.8.1. Brokkoli

Unbehandelt (N):

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	>200
10 ⁻²	>200	>200
10 ⁻³	>200	>200
10 ⁻⁴	>200	>200
10 ⁻⁵	199	62
10 ⁻⁶	39	4
Berechnete KbE/g	2,2*10 ⁸	6,0*10 ⁷

Leitungswasser (Wss):

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	>200
10 ⁻²	>200	>200
10 ⁻³	>200	>200
10 ⁻⁴	>200	>200
10 ⁻⁵	101	12
10 ⁻⁶	30	4
Berechnete KbE/g	1,2*10 ⁸	1,5*10 ⁷

Milchsäure (Ms):

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	95
10 ⁻²	>200	13
10 ⁻³	>200	0
10 ⁻⁴	155	0
10 ⁻⁵	42	0
10 ⁻⁶	27	0
Berechnete KbE/g	1,8*10 ⁷	9,8*10 ³

Tafelessig (E):

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	174
10 ⁻²	>200	42
10 ⁻³	>200	2
10 ⁻⁴	>200	0
10 ⁻⁵	30	0
10 ⁻⁶	2	0
Berechnete KbE/g	2,9*10 ⁷	1,9*10 ⁴

Natriumhypochlorit (Hy)

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	>200
10 ⁻²	>200	156
10 ⁻³	>200	130
10 ⁻⁴	126	4
10 ⁻⁵	37	0
10 ⁻⁶	1	0
Berechnete KbE/g	1,5*10 ⁷	2,6*10 ⁵

Wasserstoffperoxid (P)

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	>200
10 ⁻²	>200	>200
10 ⁻³	>200	90
10 ⁻⁴	>200	12
10 ⁻⁵	144	0
10 ⁻⁶	33	0
Berechnete KbE/g	1,6*10 ⁷	9,3*10 ⁵

7.8.2. Rucola

Unbehandelt (N)

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	>200
10 ⁻²	>200	>200
10 ⁻³	>200	>200
10 ⁻⁴	>200	116
10 ⁻⁵	110	61
10 ⁻⁶	17	26
Berechnete KbE/g	1,2*10 ⁸	1,6*10 ⁷

Leitungswasser (Wss)

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	>200
10 ⁻²	>200	>200
10 ⁻³	>200	108
10 ⁻⁴	>200	50
10 ⁻⁵	21	26
10 ⁻⁶	2	0
Berechnete KbE/g	2,1*10 ⁷	1,4*10 ⁶

Milchsäure (Ms):

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	69
10 ⁻²	>200	44
10 ⁻³	>200	2
10 ⁻⁴	62	0
10 ⁻⁵	41	0
10 ⁻⁶	0	0
Berechnete KbE/g	9,4*10 ⁶	1,0*10 ⁴

Tafelessig (E):

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	127
10 ⁻²	>200	36
10 ⁻³	>200	15
10 ⁻⁴	30	0
10 ⁻⁵	16	0
10 ⁻⁶	3	0
Berechnete KbE/g	4,2*10 ⁶	1,5*10 ⁴

Natriumhypochlorit (Hy)

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	132	78
10 ⁻²	62	37
10 ⁻³	49	17
10 ⁻⁴	9	1
10 ⁻⁵	1	0
10 ⁻⁶	0	0
Berechnete KbE/g	1,8*10 ⁴	1,0*10 ⁴

Wasserstoffperoxid (P)

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	>200
10 ⁻²	>200	72
10 ⁻³	168	39
10 ⁻⁴	63	0
10 ⁻⁵	1	0
10 ⁻⁶	0	0
Berechnete KbE/g	2,1*10 ⁶	1,0*10 ⁵

7.8.3. Himbeeren

Unbehandelt (N)

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	>200
10 ⁻²	>200	>200
10 ⁻³	>200	>200
10 ⁻⁴	>200	>200
10 ⁻⁵	198	53
10 ⁻⁶	101	6
Berechnete KbE/g	2,7*10 ⁸	5,4*10 ⁷

Leitungswasser (Wss)

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	>200
10 ⁻²	>200	>200
10 ⁻³	>200	>200
10 ⁻⁴	>200	>200
10 ⁻⁵	193	49
10 ⁻⁶	10	5
Berechnete KbE/g	1,8*10 ⁸	4,9*10 ⁷

Milchsäure (Ms):

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	>200
10 ⁻²	>200	>200
10 ⁻³	>200	>200
10 ⁻⁴	190	142
10 ⁻⁵	32	40
10 ⁻⁶	18	3
Berechnete KbE/g	2,1*10 ⁷	1,7*10 ⁷

Tafelessig (E):

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	>200
10 ⁻²	>200	>200
10 ⁻³	>200	>200
10 ⁻⁴	123	44
10 ⁻⁵	25	3
10 ⁻⁶	3	0
Berechnete KbE/g	1,3*10 ⁸	1,2*10 ⁷

Natriumhypochlorit (Hy)

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	>200
10 ⁻²	>200	>200
10 ⁻³	198	67
10 ⁻⁴	60	45
10 ⁻⁵	10	28
10 ⁻⁶	0	1
Berechnete KbE/g	2,3*10 ⁶	1,0*10 ⁶

Wasserstoffperoxid (P)

Verdünnungsstufe	Koloniezahl gesamt	Koloniezahl Enterobacteriaceae
10 ⁻¹	>200	>200
10 ⁻²	>200	123
10 ⁻³	>200	45
10 ⁻⁴	>200	12
10 ⁻⁵	107	5
10 ⁻⁶	50	0
Berechnete KbE/g	1,4*10 ⁸	1,5*10 ⁵

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Ausarbeitung selbstständig und ausschließlich unter Benutzung der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Schriften entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Hamburg, den 23.06.2024

Ort, Datum

A solid black rectangular box used to redact the signature.

Unterschrift