

Hygienekontrollen in Cateringbetrieben, die sensible Personenkreise beliefern

von Tanja Derix

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

Hygienekontrollen in Cateringbetrieben, die sensible Personenkreise beliefern

von Tanja Derix

aus München

München 2020

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Hygiene und Technologie der Milch

Arbeit angefertigt unter der Leitung von: Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. Erwin P. Märtlbauer

Angefertigt am Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit

Mentorin: Dr. Ute Messelhäußer

**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. Erwin P. Märtlbauer

Korreferent/en: Univ.-Prof. Dr. Christina Hölzel

Tag der Promotion: 25. Juli 2020

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Schrifttum	3
2.1	Rechtlicher Hintergrund	3
2.1.1	Europäische Vorschriften	3
2.1.2	HACCP	4
2.1.3	Nationale Vorschriften	6
2.1.4	Leitlinien und Normen	6
2.2	Cateringbetriebe	6
2.2.1	Produktionsverfahren	6
2.2.2	Mikrobiologisch-hygienische Risiken	10
2.3	Relevante Krankheitserreger	11
2.3.1	Lebensmittelinfektionserreger	11
2.3.2	Lebensmittelintoxikationserreger	17
2.3.3	Lebensmittelbedingte Erkrankung durch Histamin	20
2.3.4	Lebensmittelbedingte Krankheitsausbrüche in Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung	21
2.4	Angewandte Methoden bei der Hygienekontrolle	22
2.4.1	Konventionelle mikrobiologische Methoden	22
2.4.2	Kommerziell verfügbare Schnelltests	22
2.4.3	Vergleich verschiedener Methoden	23
3	Material und Methoden	27
3.1	Ausgewählte Betriebe	27
3.2	Schwerpunkte der Überprüfung	27
3.3	Verwendete Materialien für Entnahme der Umgebungsproben	29
3.3.1	Mikrobiologische Tupferproben	29
3.3.2	ATP-Messung	29
3.3.3	Protein-Nachweis	29
3.4	Probenahmeorte	30
3.5	Probenahmetechnik und Auswertung	30
3.5.1	Mikrobiologische Tupferproben	30
3.5.2	ATP-Messung	31

3.5.3	Protein-Nachweis	31
3.6	Weitere Vorgehensweise mikrobiologische Tupferproben	33
3.7	Statistische Datenauswertung	33
3.7.1	Boxplots	33
3.7.2	Streudiagramme und lineare Regression	33
3.7.3	Korrelationskoeffizienten	35
3.7.4	Mann-Whitney-U-Test	35
4	Ergebnisse	37
4.1	Auswertung der Verpflegungssysteme	37
4.2	Einheiten und Kategorien der Ergebnisse	37
4.3	Vergleich der Kontrollmethoden	38
4.3.1	Vergleich der Schnellmethoden	38
4.3.2	Vergleich der Schnellmethoden mit den mikrobiologischen Tupferproben	39
4.4	Ergebnisse der Kontrollmethoden	41
4.4.1	Ergebnisse der Schnellmethoden	41
4.4.2	Ergebnisse der mikrobiologischen Tupferproben	43
4.5	Auswertung der Ergebnisse zur Betriebshygiene	45
5	Diskussion	49
5.1	Verpflegungssysteme und beliebte Einrichtungen	49
5.2	Bewertung der Methoden zur Hygienekontrolle	50
5.2.1	Bewertung des ATP-Verfahrens	50
5.2.2	Bewertung des Proteinnachweis-Verfahrens	50
5.2.3	Bewertung des Tupferverfahrens	51
5.3	Vergleichende Bewertung der Kontrollmethoden	51
5.3.1	Vergleichende Bewertung der Schnellmethoden	52
5.3.2	Vergleichende Bewertung der Schnellmethoden mit den mikrobiologischen Tupferproben	54
5.4	Bewertung der Ergebnisse der Kontrollmethoden	54
5.4.1	Bewertung der Ergebnisse der Schnellmethoden	54
5.4.2	Bewertung der Ergebnisse der mikrobiologischen Tupferproben	56
5.5	Bewertung der Betriebshygiene	57
5.5.1	Bewertung der Personalhygiene	57
5.5.2	Bewertung der Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen	58
5.5.3	Bewertung des HACCP-Konzepts	58
5.6	Schlussfolgerungen	58
6	Zusammenfassung	61
7	Summary	63

Literaturverzeichnis	65
Anhang	75
A Ergebnisse der statistischen Auswertungen	77
A.1 Korrelation der ATP- und Clean Card® PRO-Messungen an einzelnen Oberflächen	77
B Ergebnisse der Betriebskontrollen	79
B.1 Checkliste zur Probenahme	79
B.2 Ergebnisse der kontrollierten Betriebe	80
C Checkliste Hygienekontrolle	89
Danksagung	91

Tabellenverzeichnis

2.1	Übersicht über relevante Lebensmittelinfektionserreger	12
2.2	Übersicht über relevante Lebensmittelintoxikationserreger	18
2.3	Übersicht über die lebensmittelbedingte Erkrankung durch Histamin	20
2.4	Vergleichsuntersuchungen verschiedener Verfahren der Hygienekontrolle	24
3.1	Übersicht über kontrollierte Cateringbetriebe	28
3.2	Übersicht der Probenahmorte in den 25 kontrollierten Betrieben	30
3.3	Verwendetes Zahlenschema zur Auswertung der Ergebnisse der Clean Card® PRO	32
4.1	Einteilung der Clean Card® PRO-Messwerte in Kategorien	38
4.2	Spearman-Korrelationskoeffizienten ATP - Clean Card® PRO der einzelnen Gegenstände	39
4.3	Vergleich des ATP-Verfahrens mit dem Tupferverfahren an einzelnen Oberflächen	40
4.4	Vergleich der Proteinmessung mittels Clean Card® PRO mit Tupferverfahren an einzelnen Oberflächen	41
4.5	Korrelationsmatrizen der ATP- bzw. Clean Card® PRO-Werte aller Betriebe zwischen den einzelnen Oberflächen	43
4.6	Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für optisch saubere und optisch nicht saubere Oberflächen für beide Schnelltestmethoden	43
4.7	Korrelationsmatrix der Gesamtkeimzahl-Werte aller Betriebe zwischen den einzelnen Oberflächen	45
4.8	Auswertung Personalhygiene	46
4.9	Auswertung Reinigung und Desinfektion (R&D)	46
4.10	Auswertung HACCP-Konzept im Rahmen des Eigenkontrollsystems	47
4.11	Darstellung der ermittelten Kennzahlen und Rangfolgen der drei Untersuchungsmethoden bei fünf ausgewählten Betrieben	47
5.1	Darstellung der Untersuchungsziele der Methoden zur Hygienekontrolle	59

Abbildungsverzeichnis

2.1	Kritische Kontrollpunkte im Herstellungsprozess eines Produktes	5
2.2	Schematischer Ablauf des Verfahrens Cook & Serve	7
2.3	Schematischer Ablauf der Verfahrens Cook & Hold	8
2.4	Schematischer Ablauf des Verfahrens Cook & Chill	9
2.5	Schematischer Ablauf des Verfahrens Cook & Freeze	10
3.1	Schema für die Entnahme der Tupferproben	31
3.2	Auswerteskala Clean Card® PRO	32
3.3	Beispiel eines Boxplots	34
3.4	Beispiel für ein Streudiagramm	34
4.1	Verteilung der vier Verpflegungssysteme in den 25 kontrollierten Catering- betrieben	37
4.2	Streudiagramm mit Regressionsgerade aller ATP- und Clean Card® PRO- Messungen	39
4.3	Streudiagramme mit Regressionsgerade zur Auswertung der Korrelation zwi- schen Gesamtkeimzahl der Tupferproben und Ergebnissen der Schnelltests	40
4.4	Verteilung der Ergebnisse aller ATP- und aller Clean Card® PRO-Messungen	41
4.5	Box-Plot-Diagramme der Messungen an einzelnen Oberflächen	42
4.6	Box-Plot-Diagramme der Messergebnisse bei optisch sauberen und nicht sau- beren Oberflächen	44
4.7	Histogramm der Gesamtkeimzahlen aller Oberflächen (ausgenommen Werte unter der Nachweisgrenze)	44

Kapitel 1

Einleitung

In Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung, zu denen auch Kindertageseinrichtungen sowie Schulen gehören, kommt es regelmäßig zu gehäuften lebensmittelbedingten Ausbrüchen. Diese verursachen in der Regel eine große Anzahl an erkrankten Personen. Auf der Suche nach der Ursache wurde in den vergangenen Jahren häufig festgestellt, dass Cateringbetriebe, die diese Einrichtungen beliefern, mit am Ausbruchsgeschehen beteiligt waren.

Der Betreiber eines Catering-Unternehmens für Kindertagesstätten und Schulen ist lebensmittelrechtlich gesehen als Lebensmittelunternehmer einzustufen und somit für die Sicherheit der von ihm hergestellten und abgegebenen Speisen verantwortlich.

Beim belieferten Personenkreis handelt es sich um eine besonders sensible Verbrauchergruppe (Kleinkinder und Kinder) und die Belieferung der Einrichtungen durch Cateringbetriebe erfolgt oft überregional. Daher ist es erforderlich, die Betriebs- und Prozesshygiene sowie das Eigenkontrollsyste im Rahmen der amtlichen Lebensmittelüberwachung zu überprüfen.

Bei der Herstellung der Speisen ist auch eine hygienisch einwandfreie Beschaffenheit der verwendeten Bedarfsgegenstände unerlässlich. Hierzu stehen im Bereich der Hygienekontrolle verschiedene Schnellverfahren zur Verfügung.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, im Rahmen von Betriebskontrollen erhobene Daten zur Beschreibung eines bayernweiten Status auszuwerten. Darüber hinaus wurden unterschiedliche Methoden zur Überprüfung des hygienischen Zustands von gereinigten, produktberührenden Oberflächen und Bedarfsgegenständen getestet, um ihre Einsatzmöglichkeiten in der amtlichen Lebensmittelüberwachung vergleichend zu beurteilen.

Kapitel 2

Schrifttum

2.1 Rechtlicher Hintergrund

Hersteller und Inverkehrbringer von Lebensmitteln haben als Lebensmittelunternehmer eine Vielzahl gesetzlicher Vorschriften hinsichtlich Einhaltung der Lebensmittelsicherheit und -hygiene zu beachten. Die in allen Mitgliedstaaten geltenden EU-Verordnungen haben dabei Anwendungsvorrang vor national geltenden Vorschriften [1].

2.1.1 Europäische Vorschriften

In allen EU-Mitgliedstaaten geltendes Lebensmittelrecht besteht aus folgenden Einzelvorschriften [1]:

- Verordnung (EG) 178/2002 [2] zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit („Basis-Verordnung“)
- Verordnung (EG) 852/2004 [3] über Lebensmittelhygiene
- Verordnung (EG) 853/2004 [4] mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs
- Verordnung (EU) 2017/625 [5] über amtliche Kontrollen und andere amtliche Tätigkeiten zur Gewährleistung der Anwendung des Lebens- und Futtermittelrechts und der Vorschriften über Tiergesundheit und Tierschutz, Pflanzengesundheit und Pflanzenschutzmittel (Aufhebung der Verordnung (EG) 854/2004 [6] mit besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs und der Verordnung (EG) 882/2004 [7] über amtliche Kontrollen zur Überprüfung der Einhaltung des Lebensmittel- und Futtermittelrechts sowie der Bestimmungen über Tiergesundheit und Tierschutz)

Die VO (EG) 852/2004 [3] enthält allgemeine Vorschriften zur Lebensmittelhygiene für Lebensmittelunternehmer und gilt für alle Produktions-, Verarbeitungs- und Vertriebsstufen von Lebensmitteln. Die Verordnung überträgt dem Lebensmittelunternehmer die Hauptverantwortung für die Sicherheit eines Lebensmittels (Kap. I Art. 1 Abs. 1a) und verpflichtet ihn, sicherzustellen, dass die in dieser Verordnung enthaltenen Hygienevorschriften auf allen Stufen eingehalten werden (Kap. II Art. 3). Dazu zählen allgemeine Hygienevorschriften (nach Anhang I und II) sowie spezifische Hygienevorschriften (nach Kap. II Art. 4 Abs. 3) wie die Erfüllung mikrobiologischer Kriterien und Temperaturkontrollerfordernisse für Lebensmittel, Probennahme und Analyse. Des Weiteren muss ein Verfahren nach HACCP erstellt und durchgeführt werden (Kap. II Art. 5 Abs. 1). Außerdem wird die Anwendung nationaler und gemeinschaftlicher Leitlinien für eine gute Verfahrenspraxis empfohlen (Kap. III Art. 7-9). Anhang I enthält allgemeine Hygienevorschriften für die Primärproduktion, Anhang II für alle anderen Lebensmittelunternehmer. Hier werden unter anderem Vorschriften für Betriebsstätten und Räume, in denen mit Lebensmitteln umgegangen wird, sowie für die Beförderung von Lebensmitteln, verwendete Ausrüstung, Umgang mit Lebensmittelabfällen, persönliche Hygiene, Umgang mit Lebensmitteln und Schulung von Betriebspersonal aufgeführt.

2.1.2 HACCP

Das HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) -Konzept ist ein in Lebensmittelbetrieben zu etablierendes Eigenkontrollsysteem, das dazu dient, gesundheitliche Gefahren beim Umgang mit Lebensmitteln zu identifizieren, zu bewerten, zu erfassen und zu beherrschen [8].

Eine international verbindliche Version des HACCP-Systems wird im Codex Alimentarius beschrieben [9]. Auch nach Kap. II Art. 5 der Verordnung (EG) 852/2004 [3] ist der Lebensmittelunternehmer verpflichtet, ein Verfahren nach HACCP zur Qualitätssicherung zu erstellen und anzuwenden.

Das HACCP-Konzept besteht demnach aus folgenden sieben Grundsätzen [3, 9]:

1. Ermittlung von Gefahren, die vermieden, ausgeschaltet oder auf ein akzeptables Maß reduziert werden müssen (Hazard Analysis)
2. Bestimmung der kritischen Kontrollpunkte (Critical Control Points, CCPs)
3. Festlegung von Grenzwerten für diese kritischen Kontrollpunkte (CCPs)
4. Festlegung und Durchführung effizienter Verfahren zur Überwachung der kritischen Kontrollpunkte (CCPs)
5. Festlegung von durchzuführenden Korrekturmaßnahmen, wenn die Überwachung zeigt, dass ein bestimmter CCP nicht eingehalten wird
6. Festlegung von regelmäßig durchgeführten Verfahren, um zu bestätigen, dass das etablierte System effizient funktioniert

7. Erstellung von Dokumenten und Aufzeichnungen, um nachweisen zu können, dass den oben aufgeführten Vorschriften entsprochen wird

Um kritische Kontrollpunkte im Herstellungsprozess eines Produktes zu identifizieren, kann folgendes Flussdiagramm herangezogen werden (in Anlehnung an FAO/WHO [9]):

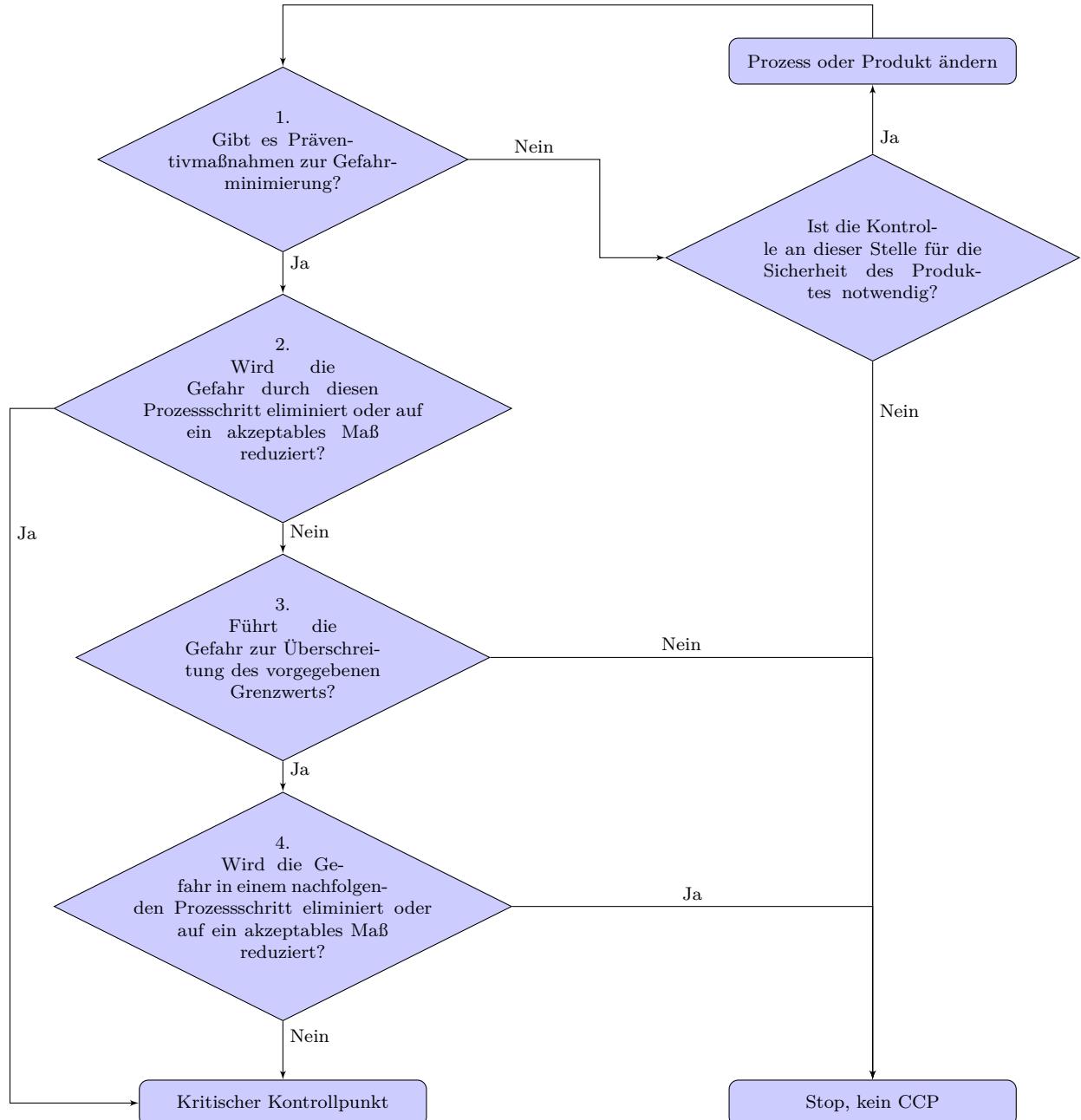


Abbildung 2.1: Kritische Kontrollpunkte im Herstellungsprozess eines Produktes, in Anlehnung an FAO/WHO [9]

2.1.3 Nationale Vorschriften

Das in Deutschland geltende Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) ist die Umsetzung der „Basis-Verordnung“ VO (EG) 178/2002 in nationales Recht [10]. Zweck des Gesetzes ist nach § 1 der Schutz der Verbraucher vor Gefahren für die menschliche Gesundheit und vor Täuschung beim Verkehr mit Lebensmitteln, Futtermitteln, kosmetischen Mitteln und Bedarfsgegenständen. § 2 definiert Bedarfsgegenstände unter anderem als Materialien und Gegenstände, die dazu bestimmt sind, mit Lebensmitteln in Berührung zu kommen. Nach § 5 dürfen Lebensmittel für andere nicht derart hergestellt oder behandelt werden, dass ihr Verzehr gesundheitsschädlich ist [11].

Des Weiteren enthält die Lebensmittel-Hygieneverordnung (LMHV) als Umsetzung der VO (EG) 852/2004 spezifische lebensmittelhygienische Vorschriften für Lebensmittelunternehmer. § 3 beinhaltet allgemeine Hygieneanforderungen hinsichtlich Herstellung, Behandlung und Inverkehrbringen von Lebensmitteln. Lebensmittel dürfen demnach keiner nachteiligen Beeinflussung ausgesetzt sein, dazu zählt nach § 2 eine Ekel erregende oder sonstige Beeinträchtigung der einwandfreien hygienischen Beschaffenheit von Lebensmitteln, wie beispielsweise durch Mikroorganismen, Verunreinigungen, Reinigungsmittel oder tierische Schädlinge [12].

Die nationale Umsetzung der VO (EG) 853/2004 erfolgt durch die Tierische Lebensmittel-Hygieneverordnung (Tier-LMHV), die das Herstellen, Behandeln und Inverkehrbringen von Lebensmitteln tierischen Ursprungs regelt. Nach § 17 ist es verboten, Rohmilch an Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung abzugeben. Die Anforderungen zur Abgabe roheihaltiger Lebensmittel an Verbraucher in Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung werden in § 20a genauer geregelt [13].

2.1.4 Leitlinien und Normen

In den Art. 7-9 fordert die VO (EG) 852/2004 die Ausarbeitung und Anwendung von Leitlinien für eine gute Verfahrenspraxis [3]. Zu den anerkannten Leitlinien zählen beispielsweise „Wenn in sozialen Einrichtungen gekocht wird“ (Deutscher Caritasverband e.V. und Diakonisches Werk der Evangelischen Kirche in Deutschland e.V., [14]), die „Leitlinie für eine Gute Lebensmittelhygienepraxis in der Kindertagespflege“ (Bundesverband für Kindertagespflege e.V., [15]) sowie die „Hygiene-Leitlinie für die Gastronomie“ (Deutscher Hotel- und Gaststättenverband e.V., [16]).

Des Weiteren gibt es eine Vielzahl lebensmittelhygienisch relevanter DIN-Normen, herausgegeben vom Deutschen Institut für Normung.

2.2 Cateringbetriebe

2.2.1 Produktionsverfahren

Cateringbetriebe, die sensible Personengruppen in Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung beliefern, müssen ausgewogene und bedarfsgerechte Speisen herstellen, die zudem

gesundheitlich unbedenklich sind. Bei der Herstellung der Speisen können verschiedene Produktionssysteme unterschieden werden:

a) Cook & Serve

Beim System „Kochen und Servieren“ (Cook & Serve) werden die Speisen (meist eine Mischung aus frischer Rohware sowie vorgefertigten Produkten) nach der Herstellung unmittelbar ausgegeben. Um die mikrobiologische Sicherheit zu gewährleisten, muss beim Erhitzungsprozess eine Kerntemperatur von mindestens 72 °C für 2 Minuten eingehalten werden. Dieses Verfahren erfordert einen hohen Einsatz gut qualifizierten Personals, viel Platz und einen hohen Bedarf unterschiedlicher Gerätetypen.

In Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung ist diese Variante der Speisenproduktion aufgrund des organisatorischen Mehraufwands nur noch wenig verbreitet [17, 18, 19, 20].

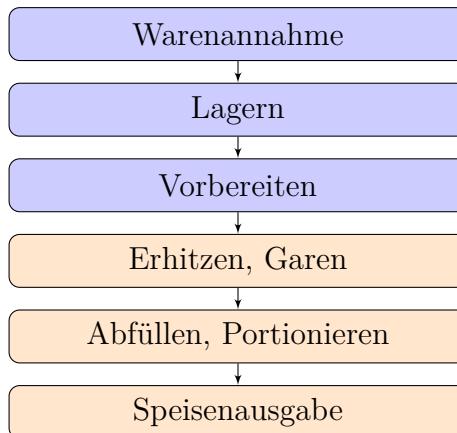


Abbildung 2.2: Schematischer Ablauf des Verfahrens Cook & Serve, nach Kleiner und Reiche [18]

b) Cook & Hold

Das Verfahren „Kochen und Heißhalten“ (Cook & Hold) stellt eine Erweiterung des Cook & Serve-Systems dar, da zwischen der Zubereitung der Speisen und der Ausgabe an einem meist räumlich getrennten Ort eine unterschiedlich lange Heißhaltezeit von mindestens 30 Minuten liegt. Während des Garprozesses muss eine Produkttemperatur von mindestens 72 °C für 2 Minuten erreicht werden. Aufgrund des potentiellen mikrobiologischen Risikos dürfen sich anschließende Warmhaltezeiten von 3 Stunden nicht überschreiten, sowie Temperaturen von mindestens 65 °C nicht unterschreiten werden. Darüber hinaus wird bei dieser Art der Zubereitungsform mit zunehmender Heißhaltezeit die sensorische und ernährungsphysiologische Qualität negativ beeinflusst.

Dieses Verpflegungssystem ist in Kindertagesstätten und Schulen ohne eigene Küche weit verbreitet [17, 18, 19, 20, 21].

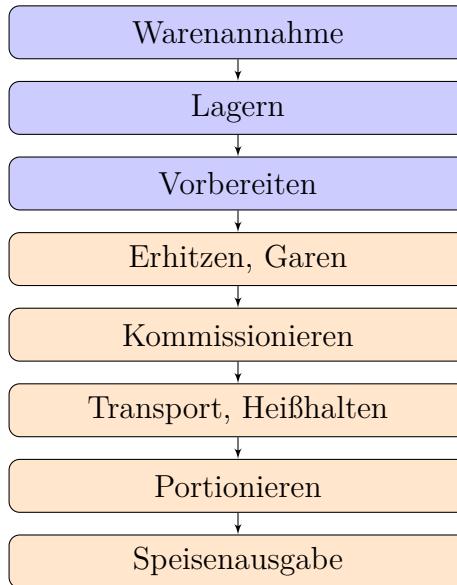


Abbildung 2.3: Schematischer Ablauf der Verfahrens Cook & Hold, nach Kleiner und Reiche [18]

c) Cook & Chill

Charakteristisch für die Variante „Kochen und Kühlen“ (Cook & Chill) ist, dass die Produktion und Ausgabe der Speisen zeitlich (meist auch räumlich) und thermisch getrennt voneinander erfolgt.

Hier findet kein vollständiger Garprozess statt, sondern die Zubereitung wird in der Regel nach 90-95% der Garzeit abgebrochen, indem die Speisen schockgekühlt werden. Nach Abkühlung auf eine Temperatur von 3 °C innerhalb von 90 Minuten sind die so hergestellten Produkte bis zu 72 Stunden gekühlt lagerfähig.

Die Abfüllung der Erzeugnisse nach dem Garprozess kann auf zwei Arten erfolgen:

- Bei der Heißportionierung werden die Speisen nach der Herstellung in meist kleinere Gebinde abgefüllt, anschließend schnellgekühlt und gelagert.
- Bei der Kaltportionierung werden die Produkte zuerst in größeren Gebinden der Schockkühlung zugeführt und im Anschluss daran in kleinere Portionen abgefüllt und kühl gelagert.

Die Einhaltung der Kühlkette nach Portionierung und Lagerung muss auch beim anschließenden Transport der Speisen sichergestellt werden. Beim Regenerieren müssen die Produkte eine Temperatur von mindestens 72 °C für 2 Minuten erreichen, die sich anschließende Speisenausgabe sollte möglichst unverzüglich und bei einer Kerntemperatur von mindestens 65 °C erfolgen.

Mittlerweile ist dieses Verfahren der Speisenherstellung auch in Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung weit verbreitet [17, 18, 19, 20, 22].

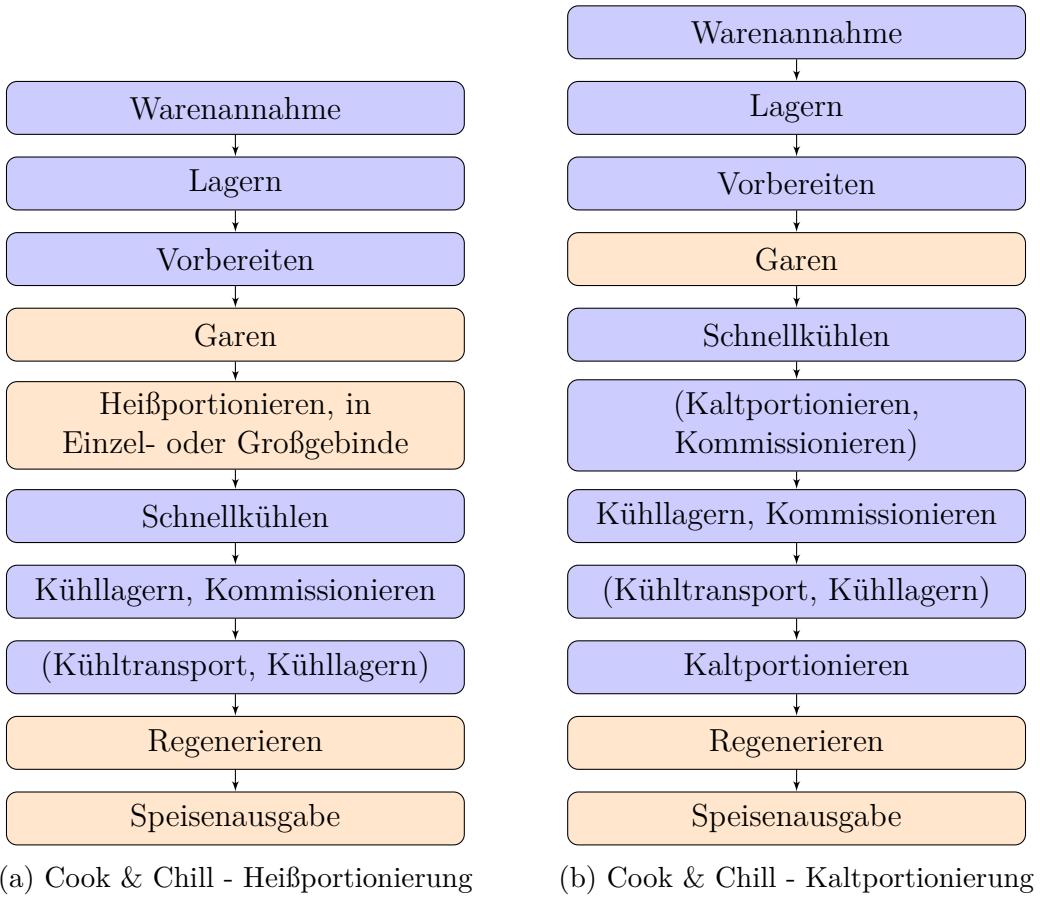


Abbildung 2.4: Schematischer Ablauf des Verfahrens Cook & Chill, modifiziert nach DIN 10536 [22]

d) Cook & Freeze

Beim System „Kochen und Einfrieren“ (Cook & Freeze) werden die meist industriell produzierten Speisen nach dem Garen auf eine Temperatur von -18°C schockgefroren und sind dadurch je nach Produkt bis zu 12 Monate tiefgekühlt lagerfähig. Beim Schockfrosten ist darauf zu achten, dass das Durchlaufen des kritischen Temperaturbereichs zwischen 65°C und 0°C innerhalb von 90 Minuten erfolgen muss. Bei der erneuten Erhitzung vor Ausgabe der Speisen muss eine Kerntemperatur von mindestens 72°C für 2 Minuten erreicht werden, die Warmhaltezeit beträgt auch hier höchstens 3 Stunden bei einer Temperatur von mindestens 65°C .

Aufgrund des geringen Aufwands ist das Tiefkühlsystem auch in Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung anzutreffen [17, 19, 20].

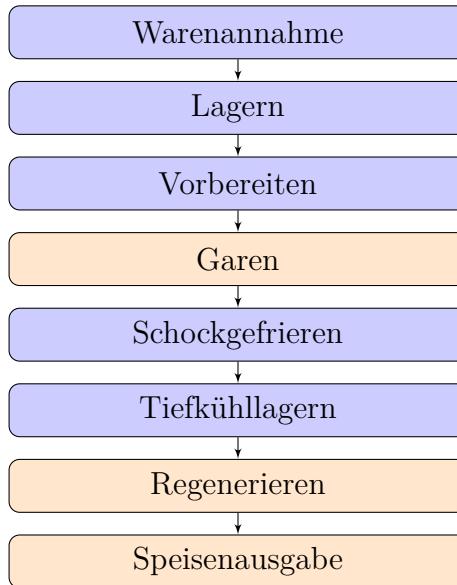


Abbildung 2.5: Schematischer Ablauf des Verfahrens Cook & Freeze, nach DIN 10506 [19]

2.2.2 Mikrobiologisch-hygienische Risiken

a) Risiken bei der Herstellung

Das Erreichen einer Produkttemperatur von mindestens 72 °C über einen Zeitraum von mindestens 2 Minuten ist, unabhängig von der Art des Verpflegungssystems, ein wichtiger Faktor, um die mikrobiologische Sicherheit der hergestellten Speisen zu gewährleisten. Ebenso ist, vorrangig bei der Variante Cook & Hold, die Zeitspanne zwischen Herstellung und Ausgabe aufgrund des ungewissen Temperaturverlaufs während der Heißhaltung als problematischer Punkt einzustufen. Bei den Verfahren Cook & Chill und Cook & Freeze gilt als zusätzlicher kritischer Gefahrenpunkt das Passieren des für eine Keimvermehrung bevorzugten Temperaturbereichs zwischen 10 °C und 65 °C, sowohl bei der Abkühlung der Produkte als auch beim Regenerieren.

Neben der Einhaltung der Temperaturen zur Verhinderung von Bakterienwachstum ist auch auf eine nachträgliche mikrobielle Kontamination fertig hergestellter Speisen, beispielsweise durch Personalfehler oder mangelhafte Hygiene bei der Portionierung, zu achten.

Bei Nichteinhaltung dieser Parameter können unter anderem Sporen aerober und an-aerober Bakterien wieder auskeimen und sich unter Toxinbildung vermehren, ebenso Verderbserreger. Dies kann lebensmittelhygienische Probleme vom mikrobiellen Verderb bis hin zur lebensmittelbedingten Erkrankung zur Folge haben [18, 19, 20, 22, 23].

b) Risiken durch Reinigung und Desinfektion

Auch Fehler im Bereich der Reinigung und Desinfektion können Ursache für mikrobielle Kontaminationen von Lebensmitteln sein, wenn hierbei krankheitserregende Keime durch

fehlerhafte Prozesse nicht ausreichend entfernt werden [24].

So können genutzte Putzutensilien wie Wischlappen, bei unsachgemäßem oder mehrfacher Verwendung, mikrobiell besiedelt werden und dadurch während der Reinigung eine Kontamination verursachen [25, 26].

Durch unzureichendes Nachspülen mit Wasser werden eventuell noch vorhandene Mikroorganismen nicht ausreichend entfernt, zudem können verbleibende Reste von Desinfektionsmitteln zur selektiven Unempfindlichkeit von Mikroorganismen führen. Darüber hinaus kann ein unsachgemäßem Einsatz, beispielsweise durch zu geringe Dosierung oder Einwirkzeit, zur Resistenz von Keimen gegen eingesetzte Desinfektionsmittel führen, wobei gramnegative Bakterien eher eine Wirkstofftoleranz aufbauen als dies bei grampositiven Bakterien der Fall ist. Vorhandene Resistenzen können entweder natürlich vorhanden sein (intrinsische Resistenz) oder durch Mutation oder Transfer von Erbmaterial erworben werden (extrinsische Resistenz) [27, 28, 29, 30, 31].

2.3 Relevante Krankheitserreger

Besonders empfindliche Verbrauchergruppen (dazu zählen Schwangere, Säuglinge und Kleinkinder, Senioren sowie immungeschwächte Personen) sind in besonderem Maße gefährdet, durch den Verzehr von mikrobiell kontaminierten Lebensmitteln zu erkranken.

Lebensmittelbedingte Erkrankungen lassen sich in zwei Gruppen unterteilen:

- Bei einer Lebensmittelinfektion werden pathogene Mikroorganismen mit der Nahrung aufgenommen, vermehren sich in verschiedenen Organen oder Geweben und rufen nach einer Inkubationszeit von bis zu mehreren Tagen Krankheitsanzeichen hervor.
- Bei einer Lebensmittelintoxikation werden schon im Lebensmittel gebildete Toxine aufgenommen und führen in der Regel innerhalb kurzer Zeit zur Erkrankung. Die verursachenden Mikroorganismen können hierbei auch nicht mehr im Lebensmittel enthalten sein [32, 33].

2.3.1 Lebensmittelinfektionserreger

Die folgende Tabelle 2.1 enthält eine Übersicht über relevante Erreger von Lebensmittelinfektionen. Unter anderem werden neben charakteristischen Risiko-Lebensmitteln einige Möglichkeiten zur Prävention erläutert, die auch bei der Speisenherstellung durch Cateringbetriebe beachtet werden sollten.

Im Allgemeinen rufen Erreger von Lebensmittelinfektionen gastrointestinale Symptome hervor, können aber auch andere Verlaufsformen oder schwerwiegende Komplikationen verursachen, beispielsweise bei einer Infektion mit *Listeria monocytogenes* oder enterohämorrhagischen *E. coli* (EHEC). Bei enterohämorrhagischen *E. coli* (EHEC), Salmonellen und *Campylobacter spp.* können auch asymptomatische Träger an der Verbreitung beteiligt sein. Des Weiteren kann mangelhafte Personalhygiene bei der Speisenzubereitung eine Infektionsquelle darstellen, wie bei Infektionen mit enterohämorrhagischen *E. coli*

(EHEC), Salmonellen, *Campylobacter spp.*, *Clostridium perfringens* und Noroviren. Erkrankungen an enterohämorrhagischen *E. coli* (EHEC), Salmonellen, *Campylobacter spp.*, *Yersinia enterocolitica* und *Listeria monocytogenes* sind häufig mit dem Verzehr roher oder nicht ausreichend durchgegarter Lebensmittel assoziiert. Zu den Erregern von Lebensmittelinfektionen zählen auch sporenbildende Bakterien wie *Clostridium perfringens* und *Bacillus cereus*, ebenso toxinbildende Erreger wie enterohämorrhagische *E. coli* (EHEC) und *Bacillus cereus*.

Tabelle 2.1: Übersicht über relevante Lebensmittelinfektionserreger

Enterohämorrhagische <i>E. coli</i> (EHEC)	
Allgemeines	Die meisten <i>E. coli</i> -Stämme sind natürliche Darmbewohner/harmlose Kommensale, einige Stämme sind fakultativ pathogen (Ursache für z. B. Infektionen des Urogenitaltrakts, Wundinfektionen). Enterohämorrhagische <i>E. coli</i> (EHEC) bilden krankheitsverursachende Shigatoxine (2 Hauptgruppen (Stx1 und Stx2) mit unterschiedlichen Varianten), Reservoir für EHEC-Stämme sind Wiederkäuer (meist symptomlose Ausscheider), es gibt verschiedene pathogene Serovare (am häufigsten O157)
Infektionsquellen	Nicht ausreichend erhitzte Fleischprodukte, Rohmilch, mit tierischem Kot kontaminierte Lebensmittel oder Wasser, Schmierinfektion
Symptome	Kolikähnliche Bauchkrämpfe, wässrig/teils blutiger Durchfall. Komplikationen: hämolytisch-urämisches Syndrom (HUS) bei Kindern unter 6 Jahren, thrombotisch-thrombozytopenische Purpura (TTP) bei älteren Menschen
Prävention	Ausreichendes Garen roher Lebensmittel (Kerntemperatur von mindestens 70 °C für 10 Minuten), Lagerung ohne Unterbrechung der Kühlkette
Folgen nach Infektionsschutzgesetz (IfSG)	Nach §34 und §42 IfSG Tätigkeitsverbot in Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung und Lebensmittel- oder ähnlichen Betrieben (bei Verdacht), Meldepflicht nach §6 (bei Verdacht auf HUS) und nach §7 IfSG (bei Nachweis einer akuten EHEC-Infektion)
Bedeutung als mikrobiologisches Kriterium für Lebensmittel	<i>E. coli</i> als Lebensmittelsicherheitskriterium für lebende Muscheln und als Prozesshygienekriterium für Fleisch-/Milch-/Fischerei-/Gemüse-/Obsterzeugnisse nach VO (EG) 2073/2005 [34] in der Fassung der VO (EG) 1441/2007 [35]

Literaturquellen	Vanitha, Sethulekshmi und Latha [36], Furukawa u. a. [37], Kaper, Nataro und Mobley [38], Krämer und Prange [39], Bülte [40], RKI-Ratgeber EHEC-Erkrankung [41], IfSG [42]
------------------	--

Salmonellen	
Allgemeines	Enteritis-auslösende Salmonellen ca. 2500 Serovare, Reservoir ist der Magen-Darm-Trakt von Tieren (meist symptomlose Ausscheider)
Infektionsquellen	Rohes oder nicht ausreichend erhitztes (Geflügel-) Fleisch, Rohmilch, rohe Eier, pflanzliche Lebensmittel (z. B. Kräutertee, Sprossen), Schmierinfektion, Dauerausscheider
Symptome	Meist selbstlimitierend, Durchfall, Erbrechen. Komplikationen: schwere, auch tödlich verlaufende Infektionen bei Kindern/älteren Menschen
Prävention	Ausreichendes Erhitzen (mindestens 70 °C für 10 Minuten), kurze Warmhaltezeiten (nicht unter 60 °C), Auftauwasser (rohes Geflügel) auffangen und entsorgen
Folgen nach Infektionsschutzgesetz (IfSG)	Nach §42 IfSG Tätigkeitsverbot in Lebensmittelbetrieben und Küchen von Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung (bei Verdacht oder Erkrankung an Salmonellose), Meldepflicht nach §6 (bei Verdacht auf und Erkrankung an einer akuten infektiösen Gastroenteritis) und nach §7 IfSG (bei direktem oder indirektem Nachweis von Krankheitserregern)
Bedeutung als mikrobiologisches Kriterium für Lebensmittel	Lebensmittelsicherheitskriterium für eine Vielzahl von Lebensmittelkategorien (z. B. Geflügelfleisch, Eiproducte, Keimlinge, lebende Muscheln, vorzerkleinertes Obst/Gemüse, Rohmilchkäse, Eiscreme) nach VO (EG) 2073/2005 [34] in der Fassung der VO (EG) 1441/2007 [35]
Literaturquellen	Mahdavi, Azizi Dehbokri und Isazadeh [43], Mengist, Mengistu und Reta [44], Pulido-Landinez [45], Eng u. a. [46], Sinell und Kleer [47], Krämer und Prange [48], RKI-Ratgeber Salmonellose [49], IfSG [42]

<i>Campylobacter spp.</i>	
Allgemeines	<i>Campylobacter spp.</i> sind in Lebensmitteln nicht vermehrungsfähig, Kolonisierung des Magen-Darm-Trakts von meist asymptomatischen Trägertieren (vor allem Geflügel, aber auch Wiederkäuer und Schweine), Erreger beim Menschen sind hauptsächlich <i>C. jejuni</i> und <i>C. coli</i>

Infektionsquellen	Rohe oder ungenügend erhitzte tierische Produkte (Rohmilch, (Geflügel-) Fleisch, daraus hergestellte Produkte), kontaminiertes Trinkwasser, Schmierinfektion
Symptome	Selbstlimitierend, schwere Durchfälle, Erbrechen mit Fieber. Komplikation: Guillain-Barré-Syndrom (mit Lähmung einhergehende neurologische Autoimmunerkrankung)
Prävention	Ausreichendes Erhitzen von Fleisch/Rohmilch, Vermeidung von Kreuzkontamination bei Zubereitung, konsequente Händehygiene
Folgen nach Infektionsschutzgesetz (IfSG)	Nach §42 IfSG Tätigkeitsverbot in Lebensmittelbetrieben und Küchen von Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung (bei Verdacht auf oder Erkrankung an infektiöser Gastroenteritis), Meldepflicht nach §6 (bei Verdacht auf und Erkrankung an einer akuten infektiösen Gastroenteritis) und §7 IfSG (bei direktem oder indirektem Nachweis von darmpathogenen <i>Campylobacter spp.</i>)
Literaturquellen	Van u. a. [50], Silva u. a. [51], Silva u. a. [52], Krämer und Prange [53], Alter, Gölz und Bartelt [54], RKI-Ratgeber <i>Campylobacter-Enteritis</i> [55], IfSG [42]

Yersinia enterocolitica

Allgemeines	Hauptreservoir ist in erster Linie das Schwein (Erreger v.a. in den Tonsillen), psychrotropher Keim (Vermehrung auch bei Kühlschranktemperaturen möglich), 6 Biovar (1A, 1B, 2-5) und mehrere Serovare
Infektionsquellen	Vom Schwein stammende rohe oder nicht ausreichend gegarte Produkte, direkte Übertragung auf den Menschen (selten)
Symptome	Selbstlimitierend, Durchfall, Fieber, Erbrechen. Komplikation: Pseudo-Appendizitis
Prävention	Ausreichendes Garen von Fleisch, Vermeidung von Kreuzkontamination bei Zubereitung
Folgen nach Infektionsschutzgesetz (IfSG)	Nach §42 Tätigkeitsverbot in Lebensmittelbetrieben und Küchen in Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung (bei Verdacht auf oder Erkrankung an einer akuten infektiösen Gastroenteritis), Meldepflicht nach §6 (bei Verdacht auf und Erkrankung an einer akuten infektiösen Gastroenteritis) und §7 IfSG (bei direktem oder indirektem Nachweis)

Literaturquellen	Fois u. a. [56], Sirghani, Zeinali und Jamshidi [57], Chlebicz und Śliżewska [58], Krämer und Prange [59], Sinell und Kleer [60], RKI-Ratgeber Yersiniose [61], IfSG [42]
------------------	---

Listeria monocytogenes

Allgemeines	Ubiquitär, Vermehrungsfähigkeit auch bei niedrigen Kühl- schranktemperaturen, hohe Salz- und pH-Toleranz, fakul- tativ pathogen, vor allem bei Risikogruppen (Kleinkinder, Schwangere, ältere oder immungeschwächte Personen) krank- heitsauslösend. Aufgrund unterschiedlicher Antigene können 13 Serovare unterschieden werden (Serovare 1/2a, 1/2b, 1/2c, 3a, 3b, 3c, 4a, 4ab, 4b, 4c, 4d, 4e und 7), Serovare 1/2a, 1/2b und 4b sind häufige Auslöser der Listeriose
Infektionsquellen	(Rohe) pflanzliche und tierische Lebensmittel (z. B. verpack- te Fertigsalate, Weichkäse, Räucherlachs)
Symptome	Unspezifische grippeähnliche Gastroenteritis-Symptome. Weitere Manifestation (mit längerer Inkubationszeit): Sepsis, Enzephalitis, Meningitis. Komplikation: Früh-/Fehlgeburt (bei Infektion während der Schwangerschaft)
Prävention	Kurze Lagerzeit entsprechender Lebensmittel
Folgen nach Infektions- schutzgesetz (IfSG)	Meldepflicht nach §7 IfSG (bei direktem Nachweis von <i>Listeria monocytogenes</i>)
Bedeutung als mikrobio- logisches Kriterium für Lebensmittel	Lebensmittelsicherheitskriterium für verschiedene Lebens- mittelkategorien (z. B. verzehrsfertige Lebensmittel für Säug- linge) nach VO (EG) 2073/2005 [34] in der Fassung der VO (EG) 1441/2007 [35]
Literaturquellen	Sahin, Kalin und Mogulkoc [62], Al-Brefkani und Mamma- ni [63], Kurpas, Wieczorek und Osek [64], Hernandez-Milian und Payeras-Cifre [65], Krämer und Prange [66], Bartelt [67], RKI-Ratgeber Listeriose [68], IfSG [42]

***Bacillus cereus* - Diarrhoe-Form**

Allgemeines	Erboden als natürliches Reservoir, fähig zur Bildung von Biofilmen sowie Sporen. Die Diarrhoe-Form wird durch mehrere Enterotoxine verursacht (Hämolysin BL (Hbl), Nicht-hämolytisches Enterotoxin (Nhe), Cytotoxin K (CytK)); Cytotoxin K besteht aus nur einem Protein, Hämolysin BL und Nicht-hämolytisches Enterotoxin aus drei Protein-Komponenten; fast alle <i>Bacillus cereus</i> -Isolate haben toxin-kodierende Nhe-Gene. Zudem ist Enterotoxin FM (EntFM) als Zellwandpeptidase an der Virulenz beteiligt
Infektionsquellen	Kontaminierte Lebensmittel (z. B. Fleisch, Gemüse, Pudding, Soßen)
Symptome	Bildung hitzelabiler Enterotoxine im Darm, meist milder Verlauf, Durchfall
Prävention	Warmhaltetemperatur von verzehrfertigen Speisen über 65 °C, maximal 3 Stunden
Folgen nach Infektionsschutzgesetz (IfSG)	Keine Meldepflicht nach IfSG
Bedeutung als mikrobiologisches Kriterium für Lebensmittel	Prozesshygienekriterium für Milch und Milcherzeugnisse für Säuglinge nach VO (EG) 2073/2005 [34] in der Fassung der VO (EG) 1441/2007 [35]
Literaturquellen	Yu u. a. [69], Fogele u. a. [70], Logan [71], Bottone [72], Krämer und Prange [73], Bülte [74], Stellungnahme Nr. 008/2008 des BfR [21]

Clostridium perfringens

Allgemeines	Anaerober Sporenbildner, derzeit sieben unterschiedliche Toxintypen (A-G) bekannt, natürliches Reservoir ist Boden/Darm von Menschen und Tieren
Infektionsquellen	Rind- und Geflügelfleisch, daraus hergestellte Produkte, Schmierinfektion
Symptome	Enterotoxinfreisetzung im Darm, selbstlimitierend, Durchfall, Bauchkrämpfe
Prävention	Adäquate Temperaturen bei Herstellung, Warmhaltung und Kühl Lagerung

Folgen nach Infektionsschutzgesetz (IfSG)	Nach §42 IfSG Tätigkeitsverbot in Lebensmittelbetrieben und Küchen von Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung (bei Verdacht auf oder Erkrankung an einer akuten infektiösen Gastroenteritis), Meldepflicht nach §6 (bei Verdacht auf und Erkrankung an einer akuten infektiösen Gastroenteritis)
Literaturquellen	Maikanov u. a. [75], Cortes-Sanchez [76], Mahamat Abdellrahim u. a. [77], Meer, Songer und Park [78], Krämer und Prange [79], Bülte [80], IfSG [42]

Noroviren	
Allgemeines	Ursache für nicht-bakteriell bedingte Gastroenteritis. Mehrere Genogruppen und Genotypen bekannt, am häufigsten GII.4
Infektionsquellen	Muscheln, Schmierinfektion
Symptome	Durchfall, Erbrechen, Übelkeit, gehäuft in den Wintermonaten, überwiegend in Krankenhäusern, Altenheimen und Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung
Prävention	Vollständige Erhitzung durch Kochen oder Braten, keine Inaktivierung durch Kühl Lagerung oder Tiefgefrieren der Lebensmittel
Folgen nach Infektionsschutzgesetz (IfSG)	Nach §42 IfSG Tätigkeitsverbot in Lebensmittelbetrieben und Küchen von Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung (bei Verdacht auf oder Erkrankung an einer akuten infektiösen Gastroenteritis), Meldepflicht nach §6 (bei Verdacht auf und Erkrankung an einer akuten infektiösen Gastroenteritis) und § 7 IfSG (bei Nachweis des Erregers)
Literaturquellen	Marsh u. a. [81], Becker und Mormann [82], LGL-Merkblatt Noroviren [83], IfSG [42]

2.3.2 Lebensmittelintoxikationserreger

Die folgende Tabelle 2.2 enthält eine Übersicht über relevante Erreger von Lebensmittelintoxikationen. Im Gegensatz zur Lebensmittelinfektion ist eine sehr kurze Inkubationszeit von meist nur wenigen Stunden typisch, da bereits im Lebensmittel präformierte Toxine aufgenommen werden. Auch hier sollte besonderes Augenmerk auf häufig belastete Lebensmittel und Prophylaxemöglichkeiten bei der Zubereitung von Speisen für Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung gelegt werden.

Im Allgemeinen rufen auch die Erreger von Lebensmittelintoxikationen gastrointestina-

le Symptome hervor, bei einer Infektion mit *Clostridium botulinum* kommt es jedoch im späteren Verlauf zu neurologischen Symptomen. Eine Infektion mit *Staphylococcus aureus* kann unter anderem durch mangelhafte Personalhygiene bei der Speisenzubereitung verursacht werden. Zu den Intoxikationserregern gehören auch sporenbildende Bakterien wie *Clostridium botulinum* und *Bacillus cereus*.

Tabelle 2.2: Übersicht über relevante Lebensmittelintoxikationserreger

<i>Bacillus cereus - Emetische Form</i>	
Allgemeines	Erboden als natürliches Reservoir, fähig zur Bildung von Biofilmen sowie Sporen. Beim die emetische Form auslösenden Toxin Cereulid handelt es sich um ein kleines zyklisches Peptid
Infektionsquellen	Stärkehaltige Lebensmittel (z. B. Reis, Nudeln), mit Sporen belastete Gewürze
Symptome	Aufnahme von im Lebensmittel gebildetem Toxin (hitzestabil), Erbrechen, Übelkeit, Bauchkrämpfe
Prävention	Warmhaltetemperatur von verzehrfertigen Speisen über 65 °C, maximal 3 Stunden
Folgen nach Infektionsschutzgesetz (IfSG)	Keine Meldepflicht nach IfSG
Bedeutung als mikrobiologisches Kriterium für Lebensmittel	Prozesshygienekriterium für Milch und Milcherzeugnisse für Säuglinge nach VO (EG) 2073/2005 [34] in der Fassung der VO (EG) 1441/2007 [35]
Literaturquellen	Yu u. a. [69], Fogele u. a. [70], Logan [71], Bottone [72], Krämer und Prange [73], Bülte [74], Stellungnahme Nr. 008/2008 des BfR [21]
<i>Clostridium botulinum</i>	
Allgemeines	Ubiquitär, anaerobes sporenbildendes Bakterium. Bildung von Neurotoxinen (BoNT), bisher sind acht verschiedene Toxintypen (Serovare A-G und X, Serovar C mit Varianten) bekannt, für den Menschen relevant sind Serovare A, B, E und F
Infektionsquellen	Nicht sachgerecht hergestellte Konserven oder Vakuumprodukte, Honig (Säuglings-Botulismus)

Symptome	Aufnahme von im Lebensmittel gebildeten Toxinen (hitzeempfindlich), anfangs gastrointestinale Symptome, im weiteren Verlauf neurologische Symptome mit Lähmungserscheinungen. Sonderform: Botulismus von Säuglingen (im Darm Auskeimen von mit Lebensmitteln aufgenommenen Sporen zu vegetativen Zellen mit anschließender Toxinbildung)
Prävention	Ausreichende Erhitzung über 85 °C
Folgen nach Infektionsschutzgesetz (IfSG)	Meldepflicht nach §6 (bei Verdacht, Erkrankung und Tod an Botulismus) und §7 IfSG (bei direktem oder indirektem Erreger- oder Toxinnachweis)
Literaturquellen	Grenda u. a. [84], Fleck-Derderian u. a. [85], Cherington [86], Krämer und Prange [87], Bülte [88], RKI-Ratgeber Botulismus [89], IfSG [42]

Staphylococcus aureus

Allgemeines	Mittlerweile über 20 Enterotoxine und Enterotoxin-ähnliche Toxine bekannt, Enterotoxin-Typen A bis E gelten hierbei als klassische Enterotoxine, aber auch weitere Toxintypen (unter anderem die Enterotoxin-Typen G, H, I, R, S und T) werden als äußerst potent hinsichtlich ihrer emetischen Aktivität eingestuft. Enterotoxine sind hitzestabil, resistent gegenüber proteolytischen Enzymen und niedrigen pH-Werten
Infektionsquellen	Kohlenhydrat- und eiweißreiche Produkte (z. B. gekochter Schinken, Käse, Zubereitungen mit Ei oder Milch, Speiseeis, verzehrfertige Speisen), Schmierinfektion (Erreger auch auf Haut, Schleimhaut oder in offenen Wunden)
Symptome	Aufnahme von im Lebensmittel gebildeten Toxinen, selbstlimitierend, Durchfall, Erbrechen
Prävention	Personalhygiene beim Umgang mit Lebensmitteln, adäquate Temperaturen bei der Herstellung, Warmhaltung und Kühl Lagerung der Lebensmittel (Verhinderung der Erregervermehrung auf ausreichend hohe Keimgehalte ($> 10^5$ – 10^6 KbE/g) mit krankheitsauslösend hoher Toxinbildung)
Folgen nach Infektionsschutzgesetz (IfSG)	Nach §42 IfSG Tätigkeitsverbot in Lebensmittelbetrieben oder Küchen von Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung bei infizierten Wunden oder Hautinfektionen, keine Meldepflicht nach IfSG für <i>S. aureus</i> -Intoxikationen

Bedeutung als mikrobiologisches Kriterium für Lebensmittel	Staphylokokken-Enterotoxine als Lebensmittelsicherheitskriterium für Milcherzeugnisse und Koagulase-positive Staphylokokken als Prozesshygienekriterium für Milch- / Fischereierzeugnisse nach VO (EG) 2073/2005 [34] in der Fassung der VO (EG) 1441/2007 [35]
Literaturquellen	Machado u. a. [90], Chen und Xie [91], Bhatia und Zahoor [92], Krämer und Prange [93], Bülte [94], IfSG [42]

2.3.3 Lebensmittelbedingte Erkrankung durch Histamin

Eine Besonderheit stellt die Erkrankung durch eine erhöhte Aufnahme von Histamin dar, bei der die Symptome fälschlicherweise als Lebensmittelallergie diagnostiziert werden können. Eine Zusammenfassung enthält folgende Tabelle 2.3.

Tabelle 2.3: Übersicht über die lebensmittelbedingte Erkrankung durch Histamin

Histamin	
Allgemeines	Biogenes Amin (stickstoffhaltige Verbindung, entsteht durch bakteriellen Proteinabbau)
Infektionsquellen	Mit Bakterien kontaminierte Lebensmittel (Keimvermehrung mit Abbau von im Lebensmittel enthaltener Aminosäure Histidin zu Histamin, vor allem bei Fischen (Thunfisch, Makrele)), bakteriell-fermentierte Produkte (z. B. Käse, Wein)
Symptome	Aufnahme von im Lebensmittel gebildetem Histamin (hitze-stabil), Übelkeit, Kopfschmerzen, Juckreiz mit Schwellungen im Gesicht
Prävention	Ausreichende Kühlung entsprechender Lebensmittel
Folgen nach Infektionsschutzgesetz (IfSG)	keine Meldepflicht nach IfSG
Bedeutung als mikrobiologisches Kriterium für Lebensmittel	Lebensmittelsicherheitskriterium für bestimmte Fische und -erzeugnisse nach VO (EG) 2073/2005 [34] in der Fassung der VO (EG) 1441/2007 [35]
Literaturquellen	Chaidoutis u. a. [95], Simunovic u. a. [96], Rai u. a. [97], Kovacova-Hanuskova u. a. [98], Bülte [99]

2.3.4 Lebensmittelbedingte Krankheitsausbrüche in Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung

Jährlich werden in Deutschland zahlreiche Erkrankungen über mit Mikroorganismen oder Toxine kontaminierte Lebensmittel auf den Menschen übertragen. Die hierzu erhobenen Daten werden von den zuständigen Gesundheits- und Lebensmittelüberwachungsbehörden entweder nach IfSG an das Robert-Koch-Institut (RKI) oder über ein bundesweites Erfassungssystem (Bundeseinheitliches System zur Erfassung von Daten zu Lebensmitteln, die bei Krankheitsausbrüchen beteiligt sind, kurz BELA) an das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) weitergeleitet. Nach Abgleich der Daten werden diese in Form eines Berichts über das BVL an die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (European Food Safety Authority, kurz EFSA) übermittelt. Die EFSA erstellt aus den Meldungen aller EU-Mitgliedstaaten einen jährlichen Bericht zu den in Europa aufgetretenen lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen. Seit 2015 erstellen das RKI und BVL zusätzlich einen gemeinsamen Jahresbericht, in denen in Deutschland aufgetretene lebensmittelverursachte Erkrankungen veröffentlicht werden [100].

Laut EFSA-Jahresbericht 2017 [101] wurden von den EU-Mitgliedstaaten über 5000 lebensmittelbedingte Krankheitsausbrüche gemeldet. Als häufigster Erreger waren *Salmonella spp.* beteiligt, gefolgt von *Campylobacter spp.*. Des Weiteren wurden bakterielle Toxine (vor allem von *C. perfringens*, *Staphylococcus spp.* und *B. cereus* gebildete Toxine) sowie Noroviren und Histamin vielfach als auslösendes Agens identifiziert.

Laut Jahresbericht des BVL und RKI 2018 [100] wurden in Deutschland 416 lebensmittelbedingte Krankheitsausbrüche gemeldet, von denen die Infektion mit dem Erreger *Campylobacter spp.* mit 41% den größten Anteil darstellt. Als weitere Erreger lebensmittelbedingter Erkrankungen waren unter anderem *Salmonella spp.* mit 31%, gefolgt von *Norovirus* mit 5%, *Bacillus cereus* und EHEC mit jeweils 2% beteiligt. Als ursächliches Lebensmittel war in erster Linie Rohmilch verantwortlich, des Weiteren gekochter Reis sowie Eier und zubereitete Speisen. Laut Auswertung haben vorrangig mangelhafte Warmhaltung, unzureichende Kühlung oder Kreuzkontaminationen zu den Ausbrüchen beigetragen. Häufig waren am Ausbruchsgeschehen auch Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung beteiligt, beispielsweise erkrankten über 100 Personen in Einrichtungen zur Kinderbetreuung durch extern hergestellten und gelieferten mit *B. cereus* kontaminierten Reis.

Auch in den vorausgehenden Jahren wurde mehrfach von Ausbrüchen in Gemeinschaftsverpflegungen, teilweise mit externer Verpflegung über einen Cateringbetrieb, berichtet. So ereigneten sich in den Jahren 2015 bis 2017 mehrfach Krankheitsausbrüche, bei denen *Norovirus* als auslösendes Agens identifiziert werden konnte. Des Weiteren erkrankten im Jahr 2015 über 140 Kinder an einer Infektion mit *L. monocytogenes* durch belasteten Milchreis, weitere 90 Personen wurden mit durch *B. cereus* belastetes Essen beliefert [102, 103, 104].

Um lebensmittelbedingten Ausbrüchen in Gemeinschaftsverpflegungen vorzubeugen, hat das BfR ein Merkblatt mit wichtigen unterstützenden Hinweisen für Betreiber und Mitarbeiter solcher Einrichtungen veröffentlicht [105].

2.4 Angewandte Methoden bei der Hygienekontrolle

Nach VO (EG) 852/2004 ist der Lebensmittelunternehmer verpflichtet, allgemeine und spezifische Hygienevorschriften zur Sicherstellung der Basishygiene einzuhalten [3]. Zur Überprüfung des hygienischen Zustands von Oberflächen nach erfolgter Reinigung und Desinfektion stehen verschiedene Schnellverfahren sowie mikrobiologische Methoden zur Verfügung [106].

2.4.1 Konventionelle mikrobiologische Methoden

Direkte mikrobiologische Methoden dienen der Kontrolle der Wirksamkeit durchgeföhrter Desinfektionsmaßnahmen, da Mikroorganismen vorrangig durch Desinfektion und nur sekundär durch Reinigung entfernt werden [107].

Beim quantitativen Tupferverfahren (Nass-Trockentupfer-Verfahren) zur Bestimmung des Oberflächenkeimgehaltes auf Einrichtungs- und Bedarfsgegenständen wird die zu überprüfende Fläche zuerst mit einem feuchten und anschließend mit einem trockenen Tupfer abgestrichen. Im Anschluss daran wird aus beiden Tupfern eine gemeinsame Erstverdünnung sowie daraus eine Verdünnungsreihe hergestellt. Mit dieser werden Nährböden beimpft und nach Bebrütung wird die Anzahl koloniebildender Einheiten sowie die Oberflächenkeimzahl ermittelt [108].

Das semiquantitative Tupferverfahren stellt ein vereinfachtes Verfahren dar, da die Probennahme nur mittels (trockenen oder angefeuchteten, je nach Probenoberfläche) Einfachtupfer erfolgt und die Erstellung einer Verdünnungsreihe entfällt. Nach Beimpfung und Bebrütung der Nährböden mit der nach Probennahme hergestellten Tupfersuspension werden auch hier koloniebildende Einheiten und Keimzahl bestimmt [109].

Bei Durchführung des semiquantitativen Abklatschverfahrens wird die Kontaktfläche einer nährbodenbeschichteten Entnahmeverrichtung direkt auf die zu überprüfende Oberfläche gedrückt und anschließend für 72 Stunden aerob bebrütet. Im Anschluss daran werden alle gewachsenen Kolonien ausgezählt [110].

2.4.2 Kommerziell verfügbare Schnelltests

Zur Überprüfung des Reinigungserfolgs werden, je nach verwendetem Schnelltest, nicht entfernte Schmutzreste, wie Protein oder Zellbestandteile, nachgewiesen. Der Nachweis von Zellbestandteilen kann jedoch nicht differenzieren, ob es sich hierbei um Produktreste, abgetötete oder lebende Mikroorganismen handelt [107].

a) Nachweis von Proteinen

Der Nachweis von Proteinrückständen kann mittels Biuret-Reaktion erfolgen, bei der Proteine durch Komplexbildung mit Kupfer in alkalischer Lösung zum Farbumschlag führen. Je nach Menge des vorhandenen Proteins ergibt sich ein unterschiedlich starker violetter

Farbumschlag und gibt somit semiquantitativ Rückschlüsse auf vorhandene Rückstände [111].

b) Nachweis von NAD

Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid (NAD und NADH) und seine Phosphate (NADP und NADPH) sind als Coenzyme in allen lebenden Zellen vorhanden. Der semiquantitative Nachweis beruht auf einem Farbumschlag des verwendeten Teststreifens mittels enzymatischer Reaktion. Das Testkit enthält Enzyme, die bei Vorhandensein von NAD zu einem Abbau der zugegebenen Substratlösung führen. Das so gebildete Endprodukt ist nicht mehr farblos und führt zum rosa bis violetten Farbumschlag, dessen Intensität proportional zu den vorhandenen NAD-Rückständen ist [112, 113, 114].

c) Nachweis von ATP

Der Nachweis von Adenosintriphosphat (ATP) als Bestandteil aller lebenden Zellen beruht auf dem Prinzip der Biolumineszenz. Hierbei wird Luciferin in Abhängigkeit von ATP und Sauerstoff mittels enzymatischer Reaktion durch Luciferase und Magnesium zu Oxyluciferin, Adenosinmonophosphat (AMP) und Phosphat abgebaut, wobei messbares Licht entsteht (siehe Gl. 2.1 und 2.2 nach DIN 10124 [115]). Die entstandene Lichtintensität ist dabei direkt proportional zur vorhandenen ATP-Konzentration und wird mittels Erfassung im Luminometer in Relative Light Units (RLU) angegeben. Die Anwendung der ATP-Messung zur Reinigungskontrolle in der Lebensmittelhygiene ist ein bereits etabliertes Verfahren und wird in der DIN 10124 genau beschrieben [116, 115].



2.4.3 Vergleich verschiedener Methoden

Zu den verschiedenen Verfahren der Hygienekontrolle wurden bisher vielfach Vergleichsuntersuchungen durchgeführt, für eine Übersicht siehe auch Schmidt [117]. Eine Auswahl der wichtigsten Untersuchungsergebnisse wird in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 2.4: Vergleichsuntersuchungen verschiedener Verfahren der Hygienekontrolle

Untersuchte Methode	Vergleichsmethode	Ergebnis	Autoren
ATP-Nachweis	NAD-Nachweis	Korrelation signifikant	Larson u. a. [113]
ATP-Nachweis	Tupferverfahren	keine signifikante Korrelation	Larson u. a. [113]
ATP-Nachweis	Tupferverfahren (semiquantitativ)	Übereinstimmung zu 84%	Ogden [118]
ATP-Nachweis	Tupferverfahren (semiquantitativ)	Korrelation signifikant	Tebbutt, Bell und Aislalie [119]
ATP-Nachweis	Tupferverfahren	Korrelation signifikant	Aycicek, Oguz und Karci [120]
ATP-Nachweis	Tupferverfahren	Korrelation signifikant	Leon und Albrecht [121]
ATP-Nachweis	Tupferverfahren	Korrelation signifikant	Chen und Godwin [122]
ATP-Nachweis	Tupferverfahren	schwache Korrelation	Willis u. a. [123]
ATP-Nachweis	Abklatschverfahren	schwache Korrelation	Poulis u. a. [124]
ATP-Nachweis	Abklatschverfahren	keine Korrelation	Sanna u. a. [125]
NAD-Nachweis	ATP-Nachweis	Übereinstimmung über 70%	Goll, Kratzheller und Bülte [112]
Protein-Nachweis	ATP-Nachweis	Übereinstimmung über 80%	Schmidt [117]
NAD-Nachweis	Abklatschverfahren	gute Übereinstimmung	Trautsch [126]
Protein-Nachweis	Abklatschverfahren	schlechte Übereinstimmung	Trautsch [126]

Wie aus Tabelle 2.4 als auch aus der Übersicht von Schmidt [117] ersichtlich, zeigt die ATP-Biolumineszenzmethode im allgemeinen eine hohe Korrelation mit den in der Tabelle aufgeführten Vergleichsmethoden und wird als geeignetes Verfahren zur Kontrolle des Hygienestatus bewertet [120, 119, 118, 122]. Einige Autoren bezweifeln jedoch auch die Vergleichbarkeit des ATP-Verfahrens mit mikrobiologischen Nachweismethoden [113, 123, 124, 125]. Nachteil des ATP-Verfahrens ist, dass im Vergleich zu mikrobiologischen Methoden keine Aussage zum Vorhandensein pathogener Mikroorganismen möglich ist, da die Herkunft des detektierten (somaticen oder mikrobiellen) ATP nicht differenziert werden kann [116, 127, 107]. Außerdem variiert der mikrobielle ATP-Gehalt in Abhängigkeit des vorherrschenden Zellzustands, so ist während des Wachstums mehr ATP vorhanden als in der stationären oder Absterbephase. Des Weiteren variiert auch der ATP-Gehalt verschiedener Mikroorganismen untereinander [128].

Auch der Nachweis von NAD wird als geeignete Methode angesehen [112, 126, 113].

Im Gegensatz dazu wird der Proteinnachweis als kontrovers hinsichtlich seiner Übereinstimmung mit den in der Tabelle angegebenen Vergleichsmethoden beurteilt [126, 117].

Kapitel 3

Material und Methoden

3.1 Ausgewählte Betriebe

Für die Durchführung der Hygienekontrollen wurden bevorzugt Cateringbetriebe ausgewählt, die Kindertagesstätten, Kindergärten, Schulen, aber auch Seniorenheime und Krankenhäuser, mit Essen beliefern. Ein weiteres zu erfüllendes Auswahlkriterium war eine tägliche Produktion von mindestens 100 Essen.

Die Kontrolle der Betriebe war auf Bayern beschränkt, wobei die durch die Abfrage ermittelten Betriebe über die einzelnen Regierungsbezirke verteilt lagen. Da teilweise mehr Betriebe die vorgegebenen Kriterien erfüllten, erfolgte die Auswahl risikoorientiert, unter anderen nach Betriebsgröße und Verteilungsdichte.

Insgesamt wurden 25 Cateringbetriebe in Bayern, die sensible Personenkreise beliefern, für die Hygienekontrollen und Probenahmen ausgewählt. Eine Übersicht über die Betriebe ist in Tabelle 3.1 dargestellt, die Ergebnisse der Betriebskontrollen sind im Anhang B.2 aufgelistet. Die Kontrollen wurden ohne Vorankündigung durchgeführt.

3.2 Schwerpunkte der Überprüfung

Mittels einer vorgegebenen Checkliste zur Hygienekontrolle von Cateringbetrieben (siehe auch Anhang C) wurden im Rahmen der Kontrolle bei jedem Cateringbetrieb folgende Angaben überprüft:

- Personalhygiene
- Maßnahmen zu Reinigung und Desinfektion
- HACCP-System des Betriebes

Zudem wurde der im Rahmen der Kontrolle erhaltende Gesamteindruck hinsichtlich der Betriebshygiene beurteilt.

Tabelle 3.1: Übersicht über kontrollierte Cateringbetriebe. Verwendete Abkürzungen: Kr=Kinderkrippe, Ki=Kindergarten, S=Schule, A=Altenheim, X=Sonstige (z.B. Essen auf Rädern, Krankenhaus, Partycatering)

Betriebsnummer	Verpflegungssystem	Anzahl tägliche Essensproduktion	Belieferte Einrichtungen
1	Cook&Serve	600	Kr,Ki,S
2	Cook&Serve	650	Kr,Ki,S,X
3	Cook&Hold	270	Ki,S,X
4	Cook&Hold	450	Kr,Ki,S,A,X
5	Cook&Hold	350	Kr,Ki,S,X
6	Cook&Hold	400	Kr,Ki,S,X
7	Cook&Hold	500	Kr,Ki,S,X
8	Cook&Hold	1850	Kr,Ki,S,A
9	Cook&Hold	300	Kr,Ki,S,A
10	Cook&Hold	200	Kr,Ki,S,A
11	Cook&Hold	700	Kr,A
12	Cook&Hold und Cook&Freeze	950	Kr,Ki,S,X
13	Cook&Hold	100	Kr,Ki,S,A
14	Cook&Hold	220	Kr,Ki,S,A,X
15	Cook&Hold	450	A,X
16	Cook&Hold und Cook&Chill	2000	Kr,Ki,S
17	Cook&Serve	600	Kr,Ki,A
18	Cook&Hold	500	X
19	Cook&Serve und Cook&Hold	520	Kr,Ki,S,A,X
20	Cook&Hold	500	Kr,Ki,S,A
21	Cook&Hold	200	Kr,Ki,S,X
22	Cook&Serve und Cook&Hold	1250	Kr,Ki,S,A,X
23	Cook&Hold	200	Ki,S,X
24	Cook&Hold	600	Ki,S
25	Cook&Hold	800	Kr,Ki,S,X

Des Weiteren wurden, ebenfalls mit einer vorgegebenen Checkliste (siehe auch Anhang B.1), risikoorientiert Umgebungsproben genommen, um den hygienischen Zustand zu überprüfen. Diese Proben wurden je Betrieb mittels drei Methoden (mikrobiologische Tupferproben, ATP-Messung, Proteinmessung) jeweils vergleichend von folgenden gereinigten produktberührenden Oberflächen und Bedarfsgegenständen genommen:

- Arbeitsfläche für die Gemüsezubereitung
- Schneidebrett für die Gemüsezubereitung
- Messer für die Gemüsezubereitung
- Sprüharm im Geschirrspüler/Sprühkopf der Handbrause für Schwarzgeschirr
- Telleroberfläche (nur bei Abgabe an den Kunden)

3.3 Verwendete Materialien für Entnahme der Umgebungsproben

Die drei eingesetzten Verfahren sollten hinsichtlich ihrer Eignung für den praktischen Einsatz in der amtlichen Lebensmittelüberwachung verglichen werden. Daher wurde bei den Probenahmen auf den Einsatz einer Schablone verzichtet. Die Tupfer wurden mit Leitungswasser befeuchtet. Zum Transport kühlpflichtiger Tupfer (ATP-Abstrichtupfer vor Probenahme, mikrobiologische Watteabstrichtupfer nach Probenahme) wurde eine Isolierbox mit Kühelementen verwendet.

3.3.1 Mikrobiologische Tupferproben

Zur Entnahme der Tupferproben wurden Transportröhrchen mit sterilen Baumwoll-Watteabstrichtupfern ohne Transportmedium (Copan CLASSIQSwabsTM) verwendet.

3.3.2 ATP-Messung

Die Messung von ATP erfolgte mittels ATP-Messgerät (Kikkoman LumitesterTM PD-20) und Abstrichtupfern (Kikkoman LuciPacTM Pen). Die Lagerung der Tupfer erfolgte gemäß Herstelleranweisung bei 2 °C-8 °C. Die gemessene Lichtmenge wird in RLU (Relative Light Units) mit Werten von 0 bis 999 999 RLU angegeben.

3.3.3 Protein-Nachweis

Proteinreste wurden mit der Orion Clean Card[®] PRO detektiert, die semiquantitativ Proteinrückstände ab 50 µg nachweist.

Tabelle 3.2: Übersicht der Probenahmeorte in den 25 kontrollierten Betrieben

Bedarfsgegenstand	Probenanzahl (n = 109)	Bemerkung
Arbeitsfläche für Gemüsezubereitung	25	
Schneidebrett für Gemüsezubereitung	25	
Messer für Gemüsezubereitung	25	
Spültechnik	19	Sprüharm Geschirrspüler
	6	Sprühkopf Handbrause
Telleroberfläche	9	Nur bei Abgabe an Kunden

3.4 Probenahmeorte

Die Probenahme erfolgte auf gereinigten Oberflächen und Bedarfsgegenständen, wobei jeweils der optische Reinigungszustand vor Beprobung dokumentiert wurde. Je Betrieb wurden vier bis fünf hygienisch relevante Gegenstände dreifach beprobt, insgesamt betrug die Zahl der entnommenen Proben $n = 109$ (siehe auch Tabelle 3.2).

Die zu beprobende Fläche sollte jeweils idealerweise eine Größe von $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ haben, konnte aber in der Regel bei den Gegenständen „Messer“ sowie „Spültechnik“ nicht eingehalten werden und wurde entsprechend angepasst.

Teilweise waren die beprobten Kunststoff-Schneidebretter zwar optisch sauber, wiesen jedoch starke Abnutzungerscheinungen wie Kratzer oder Furchen auf.

Vorrangig wurde im Bereich der Spültechnik der Sprüharm des Geschirrspülers beprobt. Der Sprühkopf der Handbrause wurde nur alternativ bei fehlendem oder nicht zugängigem (zum Beispiel während der Kontrolle betriebenem) Geschirrspüler untersucht.

Da jeweils eine dreifache Probenahme eines Gegenstandes erfolgte, wurden identisch große, direkt angrenzende Flächen beprobt.

3.5 Probenahmetechnik und Auswertung

Die Probenahme erfolgte, außer bei den Gegenständen der Spültechnik, auf trockenen gereinigten Oberflächen. Die Auswertung der Schnelltests erfolgte direkt vor Ort im Anschluss an die Probenahme.

3.5.1 Mikrobiologische Tupferproben

Die Entnahme der Tupferproben erfolgte mittels Einfachtupfer nach DIN 10113-2:1997. Dabei wurde die beprobte Fläche mit einem angefeuchteten Baumwoll-Steriltupfer unter leichtem Druck und Rotation in zwei Richtungen, die zueinander im rechten Winkel stehen, mäanderförmig abgestrichen (siehe auch Abbildung 3.1). Anschließend wurde der Tupfer wieder zurück in das Transportröhrchen gegeben. Die semiquantitative Auswertung erfolgte zu einem späteren Zeitpunkt.

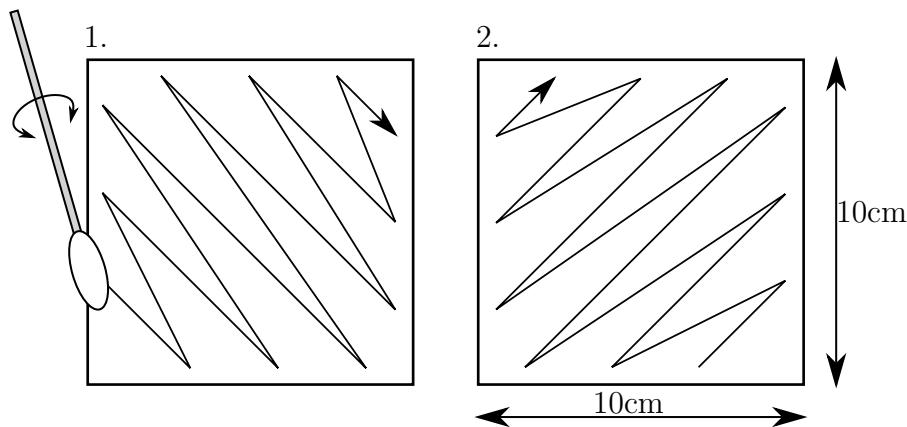


Abbildung 3.1: Schema für die Entnahme der Tupferproben

3.5.2 ATP-Messung

Direkt neben der mittels Einfachtupfer beprobten Fläche wurde eine analog große Oberfläche mit dem ebenfalls befeuchteten LuciPac™ Pen-Abstrichtupfer untersucht [129]. Nach mäanderförmigem Ausstreichen (siehe Abbildung 3.1) wurde der Tupfer wieder zurück in die Hülse verbracht und der Stift nach unten durchgedrückt, um die Reaktionskapsel zu öffnen. Durch mehrmaliges Schütteln wurde sichergestellt, dass die gesamte Flüssigkeit in die Reaktionskapsel fließt. Anschließend wurde der LuciPac™ Pen in die Messkammer des Lumitesters eingebracht und die Messung durchgeführt. Nach jeweils zehn Sekunden Analysedauer wurde der Messwert in RLU (Relative Light Units) ausgegeben und dokumentiert. Da der Hersteller keine absoluten Grenzwerte, sondern nur beispielhaft einige Richtwerte vorgibt, wurden Werte unter 500 RLU als „sauber“ und höhere Werte als „unsicher“ eingestuft.

3.5.3 Protein-Nachweis

Nach Befeuchten der Oberfläche laut Herstellerangabe [130] wurde die Clean Card® PRO über den gesamten zu beprobenden Bereich ebenfalls mäanderförmig unter festem Druck abgewischt, so dass die gesamte Flüssigkeit von der Testkarte aufgenommen wurde. Nach 30 Sekunden konnte der sichtbare Farbwechsel des perforierten Teils des Testkarte mit der mitgelieferten Auswertekarte verglichen und bewertet werden (siehe Abbildung 3.2).

Zur Dokumentation und Auswertung wurden die Ergebnisse in Zahlenangaben von 1-4 umgewandelt (siehe Tabelle 3.3), wobei bei nicht eindeutiger Zuordnung zu einem Smiley-Symbol ein Zwischenwert gewählt wurde (beispielsweise wurde bei einer Färbung, die zwischen dem gelben und orangefarbenen Smiley-Symbol lag, als Ergebnis der Wert 2,5 dokumentiert).

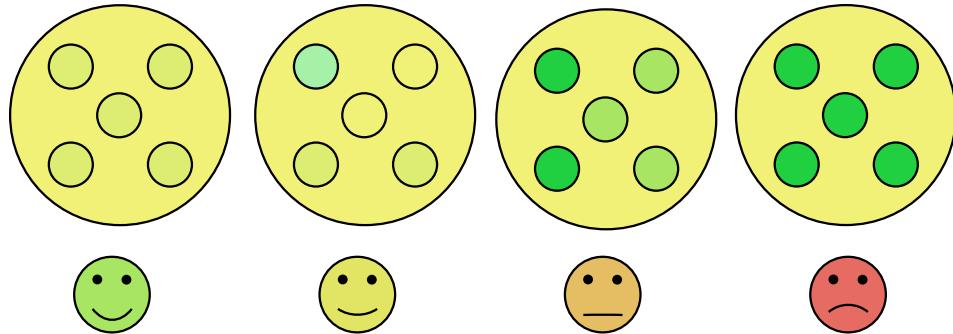


Abbildung 3.2: Auswerteskala Clean Card® PRO, modifiziert nach Hersteller-Auswertekarte [130]

Tabelle 3.3: Verwendetes Zahlenschema zur Auswertung der Ergebnisse der Clean Card® PRO

Auswertekarte	Auswertungsergebnis	Färbung der Testkarte	Eigene Bewertung
Grüner Smiley	Sauber	Gelb	1
Gelber Smiley	„Grenzwertig sauber“	(Hell-)Blaufärbung an wenigen Stellen	2
Orangefarbener Smiley	Nicht sauber	Blau(grün)färbung auf Großteil der Testfläche	3
Rotter Smiley	Nicht sauber	Blau(grün)färbung auf gesamter Testkarte	4

3.6 Weitere Vorgehensweise mikrobiologische Tupferproben

Nach der Kontrolle eines Cateringbetriebes wurden die Tupferproben in einer Isolierbox mit Kühlementen zum mikrobiologischen Labor des Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) transportiert. Die anschließende Bebrütung der Nährmedien erfolgte aerob bei einer Temperatur von 30 °C über 72 Stunden. Nach Zählung der gewachsenen Kolonien und Berechnung der Gesamtkeimzahl und des Gehalts der Enterobakterien durch das mikrobiologische Labor des LGL wurden die Ergebnisse zur Auswertung übermittelt.

3.7 Statistische Datenauswertung

Für die statistischen Berechnungen und grafische Datenvisualisierung wurden die Python-Module Scipy und Matplotlib verwendet. Die Definitionen der einzelnen statistischen Analysemethoden wurden aus Zar [131] verwendet.

3.7.1 Boxplots

Boxplots, auch Box-and-Whisker-Diagramm oder Kastengrafik genannt, sind nützlich, um eine schnelle Übersicht über die Lage und Streuung der Verteilung von Messwerten zu geben. Ein Boxplot besteht aus folgenden drei Elementen (siehe auch Abbildung 3.3):

Box: die mittleren 50 % der Messdaten liegen in der Box. Begrenzt wird die Box durch das untere und obere Quartil (Q_1 und Q_3).

Medianlinie: die Medianlinie ist in der Box gelegen und ein Maß für die mittlere Höhe der Messwerte. Im Gegensatz zum Mittelwert ist der Median Ausreißerwerten gegenüber toleranter.

Whisker: die oberen und unteren Whisker, auch Antennen genannt, geben die Spanne der Messwerte an und kennzeichnen den größten und kleinsten Messwert. Ausreißerwerte werden mittels Punkten außerhalb der Whisker dargestellt.

3.7.2 Streudiagramme und lineare Regression

Ein Streudiagramm, auch Punktfolke oder scatter plot genannt, stellt Wertepaare von zwei voneinander abhängigen Merkmalen grafisch dar. Diese Wertepaare (X_i, Y_i) werden in ein zweidimensionales Koordinatensystem eingezeichnet. Ergibt diese Darstellung lediglich eine großen Punktfolke, ist eine Korrelation beider Merkmale unwahrscheinlich. Liegen alle Werte tendenziell entlang einer Kurve, kann von einem statistischen Zusammenhang ausgegangen werden. Die lineare Regression testet einen linearen Zusammenhang zwischen den

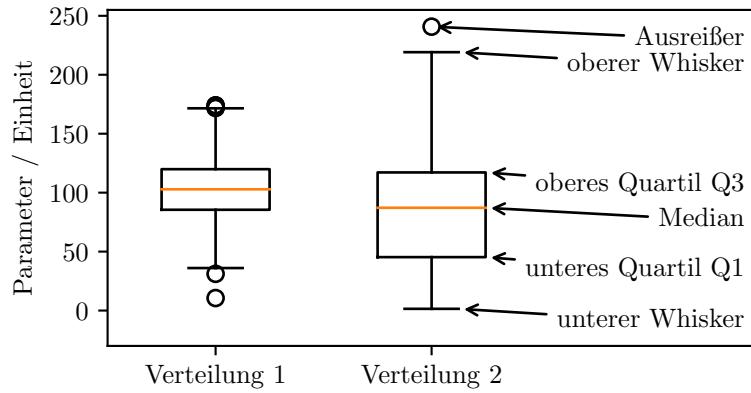


Abbildung 3.3: Beispiel eines Boxplots. Verteilung 1 ist eher schmal um den Median 100 verteilt, Verteilung 2 breiter um den Median 80

beiden Merkmalen X und Y. Eine Gerade wird hierbei so durch die Punktwolke gelegt, dass die Abstände (sogenannte Residuen) zwischen den Punkten und der Geraden minimiert werden (siehe auch Abbildung 3.4). Die Y-Werte können nach Zar [131] logarithmiert dargestellt werden, sofern die Residuen mit aufsteigenden X-Werten größer werden. Aufgrund dessen werden nachfolgend $\log(\text{ATP})$ - anstelle von ATP-Werten betrachtet.

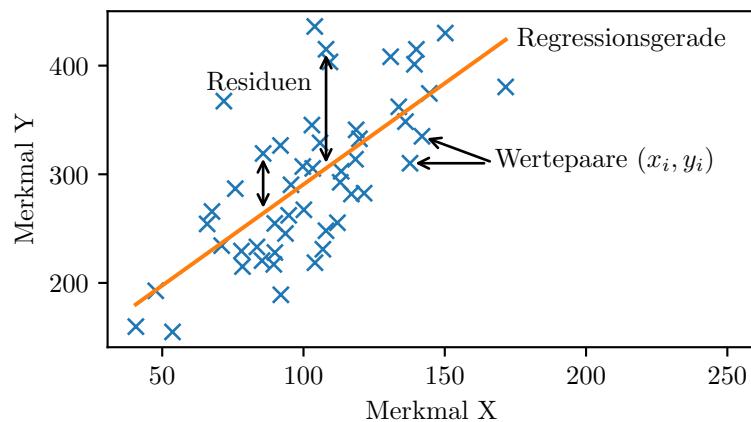


Abbildung 3.4: Beispiel für ein Streudiagramm zweier mittelstark korrelierender Messgrößen (Korrelationskoeffizient $r = 0,69$)

3.7.3 Korrelationskoeffizienten

a) Pearson

Der Pearson-Korrelationskoeffizient (r) misst den linearen Zusammenhang zweier Variablen. Er kann Werte zwischen -1 und 1 annehmen, wobei ein Wert von $r = 0$ keine Korrelation bedeutet. Eine positive Korrelation liegt bei Werten von $r > 0$ vor, das heißt dass größere X-Werte auch größere Y-Werte einhergehen. Hängen höhere X-Werte mit niedrigeren Y-Werten zusammen, ist der Korrelationskoeffizient negativ ($r < 0$).

b) Spearman

Der Spearman-Korrelationskoeffizient (ρ) berechnet als sogenannter Rangkorrelationskoeffizient den monotonen Zusammenhang zwischen den Rängen von Datenpunkten. Dieser ist auch für nicht normalverteilte metrische und ordinale Daten geeignet. Die X- und Y-Werte werden nach ihrer Größe sortiert und deren Rang mit der gleichen Formel wie die Pearson-Korrelation berechnet.

Die mithilfe einer Stichprobe berechneten Korrelationskoeffizienten sind nur annähernd genau. Die Signifikanz gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit kein Zusammenhang zwischen beiden Variablen besteht. Für eine statistisch signifikante Korrelation wurde das Signifikanzniveau auf 5 % ($p < 0,05$) festgelegt.

3.7.4 Mann-Whitney-U-Test

Der Mann-Whitney-U-Test ist ein statistischer Test, mit dessen Hilfe geprüft werden kann, ob sich die Mittelwerte zweier unabhängiger Stichproben signifikant unterscheiden. Dazu werden wie beim Spearman-Korrelationskoeffizienten die Messwerte durch ihre Ränge ersetzt. Die Daten müssen hierbei nicht normalverteilt sein. Auch hier wurde ein Signifikanzniveau von 5 % ($p < 0,05$) gewählt.

Kapitel 4

Ergebnisse

4.1 Auswertung der Verpflegungssysteme

Tabelle 3.1 zeigt eine Übersicht über die 25 kontrollierten Cateringbetriebe und die dort angewendeten Verpflegungssysteme. Die Verteilung der Systeme ist in Abbildung 4.1 dargestellt. Auffällig ist die überwiegende Nutzung des Systems Cook & Hold („Kochen und Heißhalten“). In vier Betrieben wurden jeweils zwei Verfahren parallel angewendet.

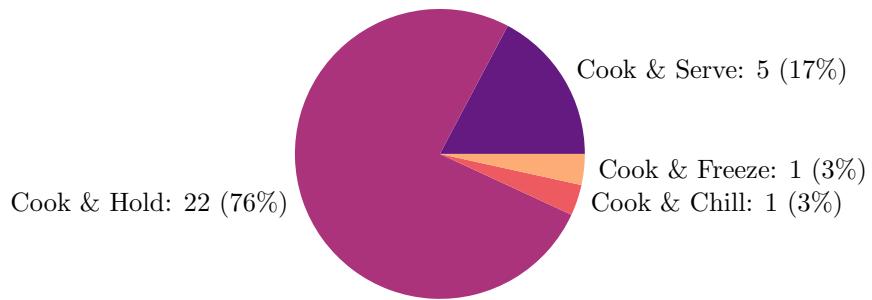


Abbildung 4.1: Verteilung der vier Verpflegungssysteme in den 25 kontrollierten Cateringbetrieben

4.2 Einheiten und Kategorien der Ergebnisse

Die Ergebnisse der mikrobiologischen Tupferproben wurden in der Einheit KbE (Koloniebildende Einheiten) pro Tupfer angegeben, wobei die Nachweisgrenze bei 10 KbE/Tupfer lag.

Wie bereits beschrieben, wurden die Ergebnisse der ATP-Messung in RLU (Relative Light Units) ausgegeben. Wie in Kapitel 3.7.2 erläutert, wurden in allen Grafiken und

Berechnungen die logarithmierten ATP-Messwerte verwendet.

Die Auswertung der Ergebnisse des Proteintests erfolgte, wie zuvor beschrieben, mittels Einteilung in vier Kategorien, mit der Möglichkeit der Zuordnung eines nicht eindeutigen Messergebnisses in dazwischen liegende Kategorien (Tabelle 4.1).

Tabelle 4.1: Einteilung der Clean Card® PRO-Messwerte in Kategorien

Ergebnis Färbung Clean Card®PRO	Einteilung in Kategorie
Keine Färbung (gelb)	1
(Hell-)Blaufärbung an wenigen Stellen	2
Blau(grün)färbung auf Großteil der Testfläche	3
Blau(grün)färbung auf gesamter Testkarte	4

Die Beurteilung des optischen Reinheitszustands erfolgte in die Kategorien „sauber“ und „nicht sauber“ ohne weitere Abstufungen.

Die Ergebnisse der 25 Betriebskontrollen sind im Anhang B.2 aufgelistet.

4.3 Vergleich der Kontrollmethoden

Um die drei untersuchten Methoden miteinander vergleichen zu können, wurde in den folgenden statistischen Auswertungen der Korrelationskoeffizient nach Spearman (ρ) verwendet.

4.3.1 Vergleich der Schnellmethoden

Die Berechnung des Korrelationskoeffizienten nach Spearman beträgt unter Berücksichtigung aller Ergebnisse ($n = 109$) $\rho = 0,45$ ($p < 0,001$). Somit besteht eine schwache Korrelation zwischen den ATP- und Clean Card®PRO-Messergebnissen, die statistisch signifikant ist.

Dies wird auch mittels folgender Grafik (Abbildung 4.2) verdeutlicht, in der alle Messwerte anhand des Streudiagramms mit Berechnung der Regressionsgeraden zueinander bezogen dargestellt werden.

Um eine Aussage über die Vergleichbarkeit der beiden Schnellmethoden zur Anwendung auf bestimmten Gegenständen treffen zu können, wurden die Korrelationen der ATP- und Clean Card® PRO-Messungen auch für einzelne Oberflächen getestet (Tabelle 4.2).

Die Anzahl der Werte bei Beprobung der Handbrausen- und Tellerfläche ist mit 6 und 9 Werten nur gering und somit nicht repräsentativ. Aus diesem Grund kann bei diesen Gegenständen keine zuverlässige Aussage über die Höhe des Zusammenhangs getroffen werden.

Die Korrelationsberechnungen zeigen für alle Gegenstände einen schwachen Zusammenhang. Dies zeigt sich auch anhand der Darstellung der jeweiligen Streudiagramme (siehe Anhang Abbildung A.1).

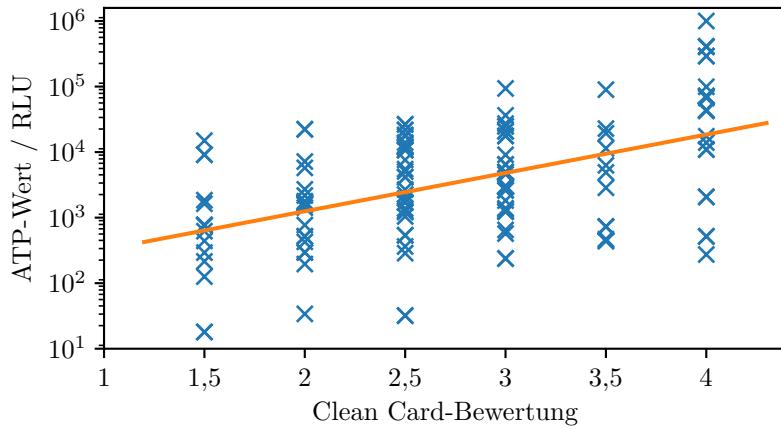


Abbildung 4.2: Streudiagramm mit Regressionsgerade aller ATP- und Clean Card® PRO-Messungen

Tabelle 4.2: Spearman-Korrelationskoeffizienten ATP - Clean Card® PRO der einzelnen Gegenstände

Oberfläche	Korrelationskoeffizient ρ	p-Wert	Anzahl Proben
Arbeitsfläche	0,07	0,752	25
Schneidebrett	0,38	0,061	25
Messer	0,41	0,044	25
Spüleinrichtung insgesamt	0,44	0,030	25
Davon Handbrause	0,92	0,008	6
Davon Geschirrspüler	0,10	0,682	19
Teller	-0,18	0,638	9

4.3.2 Vergleich der Schnellmethoden mit den mikrobiologischen Tupferproben

Die mikrobiologischen Tupferproben dienten zur Bestimmung der Gesamtkeimzahl sowie des Gehalts der Enterobakterien. Zur vergleichenden Betrachtung mit den Ergebnissen der beiden Schnellmethoden wurden die Ergebnisse der Gesamtkeimzahlen ausgewertet, wobei diese Ergebnisse auch Werte mit der Angabe „unter der Nachweisgrenze“ umfassten.

Bei vergleichender Betrachtung der Ergebnisse des ATP-Verfahrens mit den Ergebnissen des Tupferverfahrens errechnet sich ein Spearman-Korrelationskoeffizient von $\rho = 0,13$ ($p = 0,170$). Somit besteht eine sehr schwache Korrelation, die nicht statistisch signifikant ist. Dies zeigt sich auch im Streudiagramm (Abbildung 4.3a).

Der analog durchgeführte Vergleich der Ergebnisse der Proteinmessung mit den Ergebnissen des Tupferverfahrens zeigt eine ebenfalls nur sehr schwache Korrelation (Korrelationskoeffizient $\rho = 0,14$), der ebenfalls keine statistische Signifikanz aufweist ($p = 0,129$).

Die Veranschaulichung der Ergebnisse mittels Streudiagramm verdeutlicht dies ebenfalls (Abbildung 4.3b).

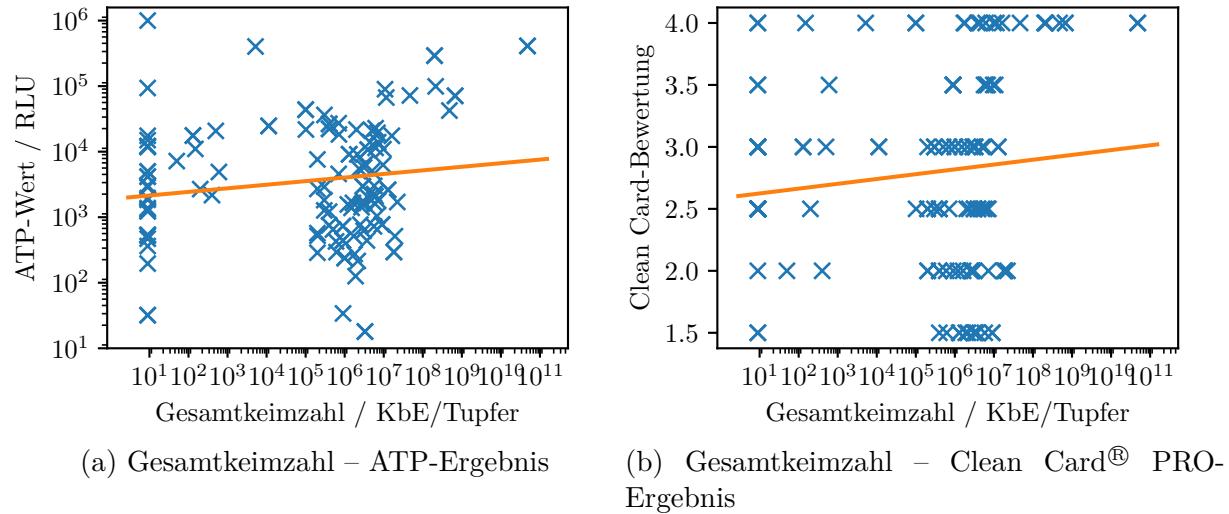


Abbildung 4.3: Streudiagramme mit Regressionsgerade zur Auswertung der Korrelation zwischen Gesamtkeimzahl der Tupferproben und Ergebnissen der Schnelltests

Um festzustellen, ob ein Zusammenhang eines Schnellverfahrens und des Tupferverfahrens bei bestimmten Bedarfsgegenständen besteht, wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman jeweils auf einen beprobten Gegenstand bezogen berechnet (Tabellen 4.3 und 4.4). Auch hier sind die beprobten Flächen Handbrause und Teller aufgrund der geringen Fallzahlen nicht repräsentativ, somit kann bei diesen Gegenständen keine Aussage über die tatsächliche Höhe des Zusammenhangs getroffen werden.

Tabelle 4.3: Vergleich des ATP-Verfahrens mit dem Tupferverfahren an einzelnen Oberflächen

Oberfläche	Korrelationskoeffizient ρ	p-Wert	Anzahl Proben
Arbeitsfläche	0,08	0,718	25
Schneidebrett	-0,15	0,471	25
Messer	-0,01	0,959	25
Spüleinrichtung insgesamt	0,20	0,329	25
Davon Handbrause	0,77	0,072	6
Davon Geschirrspüler	-0,10	0,658	19
Teller	-0,46	0,211	9

Tabelle 4.4: Vergleich der Proteinmessung mittels Clean Card®PRO mit Tupferverfahren an einzelnen Oberflächen

Oberfläche	Korrelationskoeffizient ρ	p-Wert	Anzahl Proben
Arbeitsfläche	0,38	0,060	25
Schneidebrett	0,01	0,968	25
Messer	-0,05	0,796	25
Spüleinrichtung insgesamt	0,12	0,567	25
Davon Handbrause	0,74	0,092	6
Davon Geschirrspüler	-0,17	0,468	19
Teller	-0,16	0,676	9

Im Allgemeinen zeigen die Korrelationsberechnungen, sowohl bei Vergleich des ATP-Verfahrens mit dem Tupferverfahren, als auch bei Vergleich der Proteinmessung mit dem Tupferverfahren, für keinen Gegenstand einen Zusammenhang.

4.4 Ergebnisse der Kontrollmethoden

Zusätzlich zur vergleichenden Betrachtung der drei Kontrollverfahren dienten die Methoden zur Überprüfung des hygienischen Zustands der beprobten Oberflächen.

4.4.1 Ergebnisse der Schnellmethoden

Bei beiden Testsystemen zeigt sich eine starke Streuung aller Messergebnisse, was sich anhand von Häufigkeitsverteilungen (Abbildung 4.4) darstellen lässt.

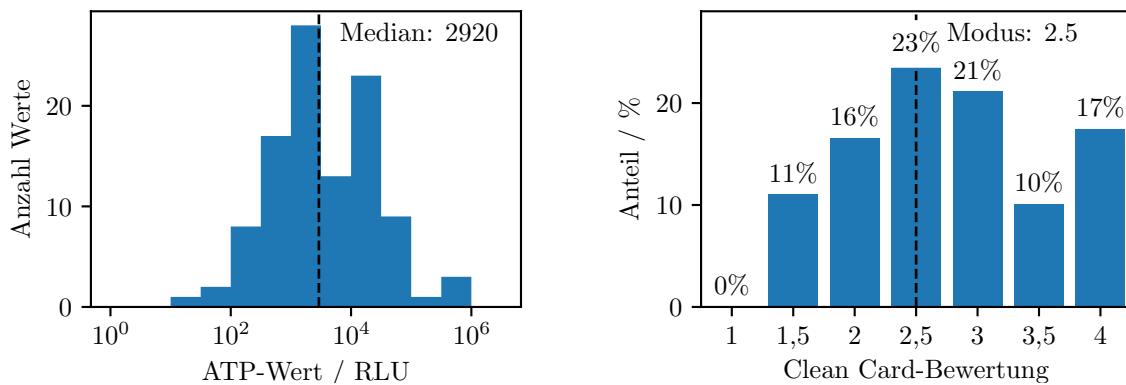


Abbildung 4.4: Verteilung der Ergebnisse aller ATP- und aller Clean Card® PRO-Messungen

Auch bei Betrachtung der einzelnen Gegenstände besteht eine starke Streuung der Messergebnisse, wie in der Darstellung in Form von Box-Plot-Diagrammen (Abbildung 4.5) veranschaulicht wird. Des Weiteren wird der allgemein hohe Medianwert von als gereinigt ausgewiesenen Gegenständen deutlich. Höchste Werte zeigen sich sowohl bei den ATP- als auch bei den Proteinmessungen auf Arbeitsflächen, gefolgt von Spüleinrichtungen. Die niedrigsten Werte finden sich bei den Gegenständen Schneidebrett und Messer, die dennoch als erhöht und somit nicht zufriedenstellend einzustufen sind.

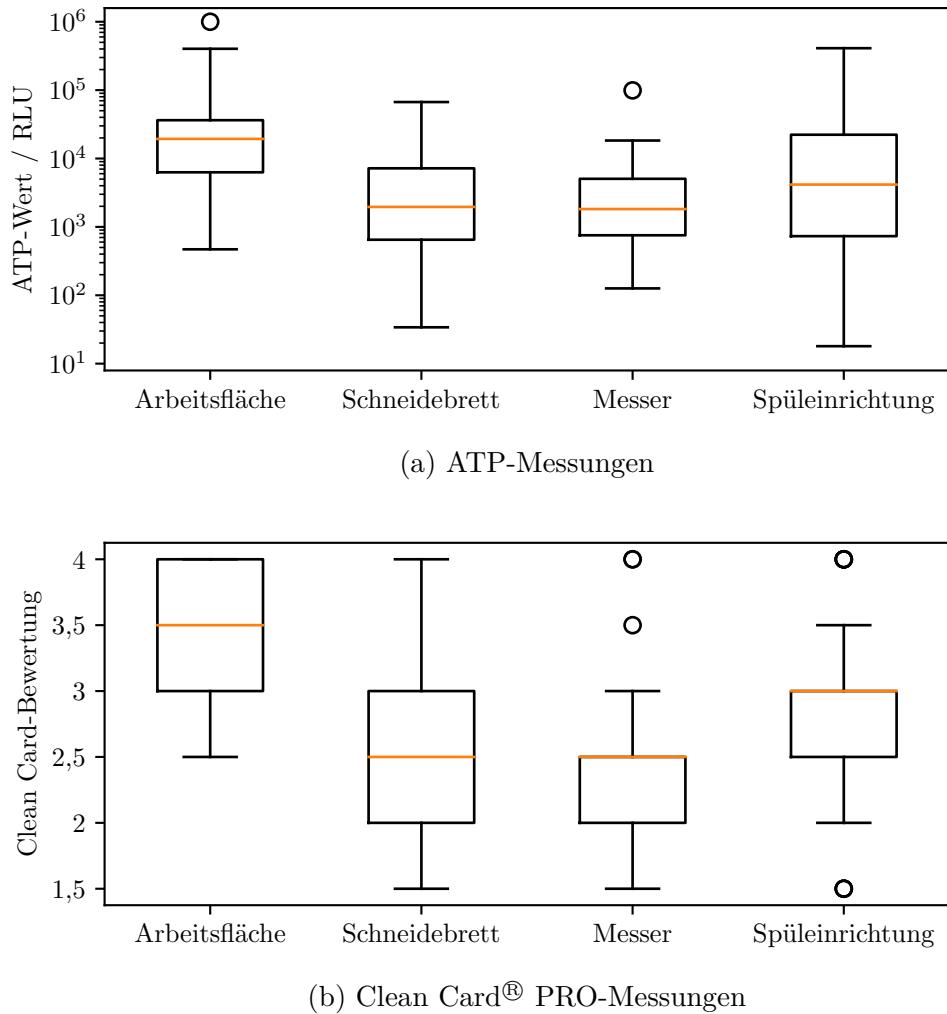


Abbildung 4.5: Box-Plot-Diagramme der Messungen an einzelnen Oberflächen

Um zu testen, ob bei Untersuchung eines Betriebs bei einem niedrigen Messergebnis einer beprobten Fläche auch bei den anderen Flächen mit einem niedrigen Wert gerechnet werden kann, wurden die Korrelationen jeweils zwischen zwei Flächen berechnet. Eine Übersicht für die ATP- und Clean Card® PRO-Verfahren ist in Tabelle 4.5 dargestellt. Beide Testsysteme weisen hier zwar positive Korrelationen zwischen den einzelnen Flächen

auf, die jedoch nur schwach ausgeprägt sind.

Tabelle 4.5: Korrelationsmatrizen der ATP- bzw. Clean Card® PRO-Werte aller Betriebe zwischen den einzelnen Oberflächen

	ATP			Clean Card® PRO		
	Arbeitsfläche	Schneidebrett	Messer	Spüleinrichtung	Arbeitsfläche	Schneidebrett
Arbeitsfläche	1,00				1,00	
Schneidebrett	0,50	1,00			0,04	1,00
Messer	0,54	0,53	1,00		0,35	0,13
Spüleinrichtung	0,37	0,18	0,41	1,00	0,05	0,23
					0,28	1,00

Zur Beurteilung des visuellen Reinheitsgrads wurden jeweils alle Messergebnisse der beiden Schnellmethoden in die Kategorien „sauber“ und „nicht sauber“ eingeteilt.

Der für beide Testsysteme durchgeführte Mann-Whitney-U-Test zeigt, dass sich die Mittelwerte von optisch sauberen und optisch nicht sauberen Gegenständen signifikant unterscheiden. Aufgrund des festgelegten Signifikanzniveaus von $p < 0,05$ sind somit die Mittelwerte von optisch sauberen Gegenständen signifikant niedriger (siehe Tabelle 4.6).

Tabelle 4.6: Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests für optisch saubere und optisch nicht saubere Oberflächen für beide Schnelltestmethoden

	Mittelwert		
	optisch sauber	optisch nicht sauber	p-Wert
ATP/RLU	9678	86880	0,001
Clean Card®PRO	2,66	3,08	0,009

Diese Tendenz, dass optisch saubere Gegenstände eher niedrigere Messwerte zeigen im Vergleich zu nicht sauberen Gegenständen, zeigt sich ebenfalls in Box-Plot-Diagrammen (Abbildung 4.6). Zusätzlich sind die unterschiedlich hohen Medianwerte von optisch sauberen und nicht sauberen Oberflächen für den jeweiligen Schnelltest dargestellt. Bei beiden Schnellverfahren ist sowohl bei optisch sauberen als auch bei optisch nicht sauberen Flächen eine breite Streuung der Ergebnisse zu erkennen. Des Weiteren wird deutlich, dass sich die Verteilungen bei optisch sauberen und optisch nicht sauberen Gegenständen überlappen.

4.4.2 Ergebnisse der mikrobiologischen Tupferproben

Das folgende Histogramm (Abbildung 4.7) zeigt eine starke Streuung der auswertbaren Ergebnisse der Tupferproben um den Medianwert. Zusätzlich zu den grafisch dargestellten

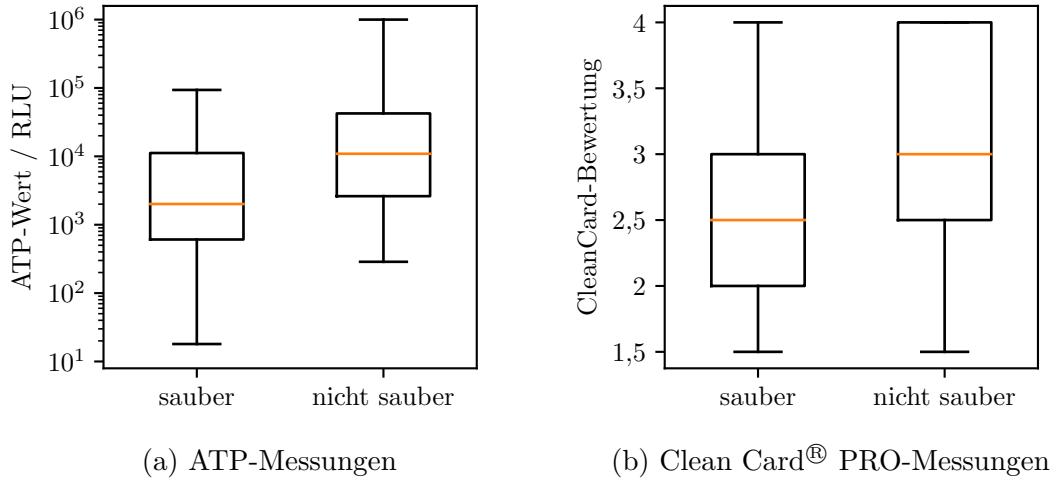


Abbildung 4.6: Box-Plot-Diagramme der Messergebnisse bei optisch saubereren und nicht saubereren Oberflächen

Ergebnissen lagen 22 der insgesamt 109 ermittelten Werte unter der Nachweisgrenze von 10 KbE/Tupfer.

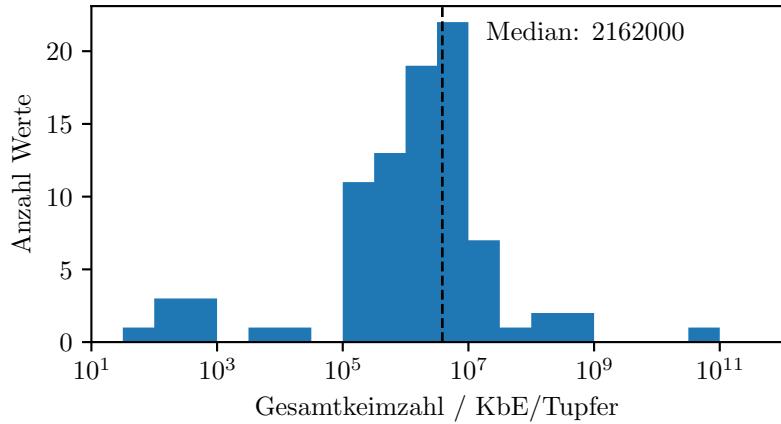


Abbildung 4.7: Histogramm der Gesamtkeimzahlen aller Oberflächen (ausgenommen Werte unter der Nachweisgrenze)

Tabelle 4.7 zeigt die Korrelationswerte jeweils zwischen zwei Flächen bei Anwendung des Tupferverfahrens. Daraus kann ermittelt werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein niedriges Messergebnis einer beprobeden Fläche auch bei den anderen Flächen mit einem niedrigen Wert einhergeht. Die ermittelten Werte sind zwar positiv, jedoch ist im Allgemeinen nur eine schwache Korrelation vorhanden.

Optisch sauberere Oberflächen besitzen eine niedrigere mittlere Gesamtkeimzahl von

Tabelle 4.7: Korrelationsmatrix der Gesamtkeimzahl-Werte aller Betriebe zwischen den einzelnen Oberflächen

	Arbeitsfläche	Schneidebrett	Messer	Spülleinrichtung
Arbeitsfläche	1,00			
Schneidebrett	0,30	1,00		
Messer	0,46	0,53	1,00	
Spülleinrichtung	0,33	0,54	0,70	1,00

$0,7 \times 10^6$ KbE/Tupfer im Vergleich zu optisch nicht sauberen Oberflächen (Gesamtkeimzahl: $2,9 \times 10^6$ KbE/Tupfer). Dieser Unterschied ist statistisch signifikant, da der mittels Mann-Whitney-U-Test ermittelte p-Wert von $p = 0,007$ unter dem festgelegten Signifikanzniveau von $p < 0,05$ liegt.

Die Auswertung der Ergebnisse der Enterobakterien hat ergeben, dass nur bei vier der insgesamt 25 untersuchten Betriebe Werte mit mindestens 10^5 KbE/Tupfer vorlagen (2× bei Gegenstand Schneidebrett, 2× bei Gegenstand Handbrause).

4.5 Auswertung der Ergebnisse zur Betriebshygiene

Die im Rahmen der Kontrollen überprüften Angaben zur Betriebshygiene wurden zur Erstellung eines bayernweiten Gesamtbildes ebenfalls ausgewertet.

Die drei Tabellen (Tabelle 4.8, 4.9 und 4.10) geben eine Übersicht über die jeweils ermittelten Ergebnisse.

Des Weiteren wurde der im Rahmen der Kontrolle erhaltene Gesamteindruck hinsichtlich der Betriebshygiene ausgewertet.

Vielfach handelte es sich um im Allgemeinen gut geführte Betriebe, die entweder einzelne kleinere Hygienemängel und/oder ein lückenhaftes Eigenkontrollsysteem aufwiesen. Drei der 25 Betriebe (Betrieb 12, 14 und 19) konnten sogar als sehr gut hinsichtlich des vorherrschenden Hygienezustands eingestuft werden. Nur zwei Betriebe (Betrieb 11 und 15) wiesen mehrere Mängel im hygienischen Bereich und/oder dem Eigenkontrollsysteem auf. Hinsichtlich des Eigenkontrollsysteins war in vielen Fällen kein HACCP-Konzept vorhanden. Defizite in der Reinigung und Desinfektion waren hingegen seltener vorzufinden. Die Personalhygiene konnte, bis auf teilweise fehlende Hygienekleidung oder ungeeignete Anweisungen bezüglich der Händehygiene, in der Regel als gut eingestuft werden.

Tabelle 4.8: Auswertung Personalhygiene

Personalhygiene	Anzahl Betriebe	
	JA	NEIN
1. Personalumkleiden		
Umkleiden für Küchenpersonal vorhanden	22	3
Umkleideräume geeignet und leicht zu reinigen	22	3
Böden/Wände/Decken/Fenster/Türen in gutem Reinigungszustand	22	3
Böden/Wände/Decken/Fenster/Türen ausreichend instand gehalten	23	2
Geeignete Schwarz-Weiß-Trennung im Umkleidebereich vorhanden	20	5
2. Personaltoiletten		
Toiletten für Küchenpersonal vorhanden/ausgewiesen	25	0
Toiletten öffnen nicht unmittelbar in Produktionsräume	23	2
Böden/Wände/Decken/Fenster/Türen in gutem Reinigungszustand	25	0
Böden/Wände/Decken/Fenster/Türen ausreichend instand gehalten	25	0
WC-Bereich mit funktionstüchtigen und ausreichend ausgestatteten Handwaschbecken	25	0
3. Schutzkleidung		
Tragen von ausreichender Kopfbedeckung	15	10
Wechsel der Schutzkleidung in angemessenen Intervallen	23	2
Anlegen der Schutzkleidung erst im Betrieb	23	2
4. Händehygiene		
Geeignete Anweisungen bei Handwaschbecken vorhanden	16	9

Tabelle 4.9: Auswertung Reinigung und Desinfektion (R&D)

Reinigung und Desinfektion (R&D)	Anzahl Betriebe	
	JA	NEIN
Durchführung eigenbetrieblich	25	0
Durch externe Reinigungsfirma	0	25
Separate Lagerung von R&D-Mittel	19	6
Reinigungskonzept vorhanden	22	3
R&D-Plan vorhanden	22	3
Spezifikationen für R&D-Mittel vorhanden/bekannt	24	1
Dokumentation durchgeföhrter Reinigungen	21	4
Reinigungserfolg wird kontrolliert:		
optisch	22	3
mikrobiologisch	7	18
Wirksame Gegenmaßnahmen bei festgestellten Reinigungsmängeln	22	3

Tabelle 4.10: Auswertung HACCP-Konzept im Rahmen des Eigenkontrollsyste

HACCP-Konzept im Rahmen des Eigenkontrollsyste	Anzahl Betriebe	
	JA	NEIN
Gefahrenanalyse vorhanden	10	15
HACCP-Konzept vorhanden	10	15
Verwendung von Leitlinien	2	23
Richtige Bestimmung der CCPs	9	16
Grenzwerte festgelegt	10	15
Sinnvolle Korrekturmaßnahmen	9	16

Zum Vergleich der Gesamtbewertung der Betriebshygiene mit den Ergebnissen der drei untersuchten Verfahren zur Hygienekontrolle wurde für jeden Betrieb eine Kennzahl errechnet. Dabei wurde wie folgt vorgegangen: für jeden Gegenstand wurde der Oberflächen-Mittelwert über alle Betriebe berechnet. Für jeden Betrieb wurde der Wert eines beprobteten Gegenstands durch den zuvor berechneten jeweiligen Oberflächen-Mittelwert geteilt, daraus ergibt sich der relative Wert. Liegt dieser unter 1, handelt es sich um einen überdurchschnittlich guten Wert, liegt er über 1, um einen überdurchschnittlich schlechten. Für jeden Betrieb wurde der Mittelwert der relativen Werte berechnet und stellt die Kennzahl dar. Betriebe, die eine Kennzahl unter 1 haben, können somit als überdurchschnittlich gut eingestuft werden, analoges gilt für Betriebe über Kennzahl 1, die als überdurchschnittlich schlecht zu bewerten sind. Anhand dieser ermittelten Kennzahlen kann für jedes Untersuchungsverfahren eine Rangfolge der 25 untersuchten Betriebe gebildet werden. Tabelle 4.11 zeigt anhand der fünf Betriebe, deren Betriebshygiene sehr gut oder mit gravierenderen hygienischen Mängeln eingestuft wurde, die jeweils ermittelten Kennzahlen und Rangfolgen der drei Untersuchungsmethoden.

Tabelle 4.11: Darstellung der ermittelten Kennzahlen und Rangfolgen der drei Untersuchungsmethoden bei fünf ausgewählten Betrieben

Betrieb	ATP-Verfahren		Clean Card® PRO		Tupferverfahren	
	Kennzahl	Rang	Kennzahl	Rang	Kennzahl	Rang
sehr guter Hygienezustand:						
12	0,69	1	0,93	8	1,17	12
14	0,81	3	1,06	18	0,89	8
19	0,79	2	0,97	12	0,75	6
gravierendere hygienische Mängel:						
11	1,24	23	0,92	7	1,18	14
15	1,09	19	1,41	25	1,11	10

Kapitel 5

Diskussion

5.1 Verpflegungssysteme und belieferte Einrichtungen

Die ausgewerteten Daten wurden in 25 Cateringbetrieben in ganz Bayern erhoben, die vorrangig Kindertagesstätten, Kindergärten und Schulen, aber auch Seniorenheime und Krankenhäuser mit Essen beliefern.

Hinsichtlich des Verpflegungssystems konnte folgende Verteilung festgestellt werden (siehe auch Abbildung 4.1):

Cook & Serve: fünf der 25 Betriebe verwendeten das Verpflegungssystem „Kochen und Servieren“, davon hatten zwei Betriebe parallel noch als weiteres Produktionssystem Cook & Hold („Kochen und Heißhalten“) etabliert

Cook & Hold: dieses System („Kochen und Heißhalten“) der Speisenherstellung war am weitesten verbreitet und wurde bei 22 Betrieben vorgefunden

Cook & Chill: die Art der Zubereitung mittels „Kochen und Kühlen“ kam in nur einem Betrieb, zusammen mit dem System Cook & Hold („Kochen und Heißhalten“), vor

Cook & Freeze: „Kochen und Einfrieren“ wurde als Verpflegungssystem in nur einem Betrieb, in Verbindung mit Cook & Hold („Kochen und Heißhalten“), angewendet

Je nach Art des Verpflegungssystems sind verschiedene Faktoren wichtig, um die mikrobiologische Sicherheit der hergestellten Speisen zu gewährleisten. Für alle Verfahren ist das Erreichen einer ausreichenden Kerntemperatur von mindestens 72°C über mindestens 2 Minuten ein entscheidendes Kriterium zur Inaktivierung vorhandener Mikroorganismen. Ein weiterer kritischer Gefahrenpunkt ist, vorrangig beim Verfahren Cook & Hold, die Zeitspanne zwischen Herstellung und Ausgabe der Speisen. Hier kann aufgrund des ungewissen Temperaturverlaufs während der Heißhaltephase eine Keimvermehrung begünstigt werden. Bei den zwei Varianten Cook & Chill und Cook & Freeze ist als zusätzlicher problematischer Faktor das Durchlaufen des Temperaturbereichs zwischen 10°C und 65°C zu beachten. Diese Temperaturphase wird bei beiden Verfahren bei der Herstellung zweimal,

sowohl bei der Abkühlung als auch beim Regenerieren, durchlaufen und gilt als der für eine Vermehrung von Mikroorganismen bevorzugte Temperaturbereich. Wird folglich das Einhalten der erforderlichen Temperaturen, unabhängig von der Art des verwendeten Verpflegungssystems, nicht konsequent beachtet, kann es aufgrund von Keimwachstum mit möglicher Toxinbildung zu Produktverderb bis hin zur lebensmittelbedingten Erkrankung kommen [18, 19, 20, 22, 23].

Die Anzahl der produzierten Essen lag in den meisten Fällen bei unter 500 Essen (14 Betriebe), acht Betriebe stellten zwischen 500 und 1000 Essen her und drei Betriebe sogar über 1000 tägliche Portionen. Die am häufigsten belieferten Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung waren Kinderkrippen (20), Kindergärten (22) sowie Schulen (21), nur 12 Altenheime wurden von Cateringbetrieben beliefert sowie 15 sonstige Einrichtungen wie Krankenhäuser oder Essen auf Rädern. Da es sich beim belieferten Personenkreis um eine besonders sensible Verbrauchergruppe handelt, ist das Einhalten der Betriebs- und Prozesshygiene von essentieller Bedeutung, damit die Herstellung gesundheitlich unbedenklicher Speisen gewährleistet werden kann.

5.2 Bewertung der Methoden zur Hygienekontrolle

5.2.1 Bewertung des ATP-Verfahrens

Der Nachweis von ATP mittels Biolumineszenz hat sich in vielen Studien als geeignete, aussagekräftige Methode erwiesen. So konnten Aycicek, Oguz und Karci, Tebbutt, Bell und Aislalie, Ogden und Chen und Godwin eine hohe Übereinstimmung zwischen dem mikrobiologischen Verfahren mittels Tupferprobenahme und dem Nachweis von ATP mittels Biolumineszenz feststellen [120, 119, 118, 122]. Dennoch zeigten einige Untersuchungen gegenteilige Ergebnisse, so waren bei Larson u. a., Willis u. a., Pouliu u. a. und Sanna u. a. keine oder nur schwache Korrelationen mit den getesteten Vergleichsmethoden (Tupfer- oder Abklatschverfahren) vorhanden [113, 123, 124, 125].

Vorteile bestehen in der einfachen Handhabung und der unmittelbaren Ausgabe eines objektiven Ergebnisses in Form des RLU-Werts. Nachteilig ist die notwendige Kühlung der ATP-Tupfer, außerdem werden vorhandene Rückstände nur indirekt detektiert. Somit besteht kein direkter Zusammenhang zwischen dem gemessenen RLU-Wert und der tatsächlich vorhandenen Anzahl koloniebildender Einheiten oder dem Vorhandensein pathogener Mikroorganismen. Eine Differenzierung hinsichtlich der Herkunft des detektierten (somatischen oder mikrobiellen) ATP ist ebenfalls nicht möglich. Des Weiteren kann der ATP-Gehalt je nach Art des Mikroorganismus, aber auch je nach vorherrschendem Zellzustand, variieren [128, 127, 107, 116].

5.2.2 Bewertung des Proteinnachweis-Verfahrens

Die Untersuchung auf Proteinrückstände wurde in vorangegangenen Untersuchungen kontrovers hinsichtlich ihrer Aussagekraft beurteilt. So konnte Trautsch keine gute Überein-

stimmung zwischen dem Nachweis von Protein und dem mikrobiologischen Abklauschverfahren feststellen [126]. Schmidt hingegen fand in ihren Untersuchungen heraus, dass mit einer Korrelation von über 80 % ein Zusammenhang zwischen dem Nachweis von ATP und Protein besteht [117].

Dieses einfach anzuwendende Verfahren ermöglicht einen schnellen Befund, der auch zu Demonstrationszwecken während einer Kontrolle eingesetzt werden kann. Für schwer zugängliche Bereiche oder unebene Flächen kann die Beprobung allerdings nicht immer optimal erfolgen. Zudem unterliegt die Einschätzung mittels Farbumschlag einer teilweise subjektiven Interpretation, da Ergebnisse, die einen Farbumschlag zwischen zwei Auswertungsskalen zeigen, nicht immer eindeutig zugeordnet werden können. Des Weiteren werden auch hier nur indirekt Verschmutzungen angezeigt, die ein Keimwachstum ermöglichen können, ein direkter Nachweis von Mikroorganismen ist auch hier nicht möglich.

5.2.3 Bewertung des Tupferverfahrens

Mikrobiologische Tupferproben ermöglichen den Nachweis vorhandener Mikroorganismen und deren weitere Differenzierung. Neben der Bestimmung der Gesamtkeimzahl ist bei Bedarf durch weiterführende Untersuchungen der gezielte Nachweis bestimmter pathogener Keime möglich. Die Übereinstimmung mit Ergebnissen der ATP-Methode wurde in vielen vergleichenden Untersuchungen bestätigt [118, 119, 120, 121, 122], von anderen Autoren jedoch verneint [113, 123]. Trotz einfacher Handhabung ist bei dieser Methode die lange Zeitspanne zwischen Probenahme und Auswertung der Ergebnisse als nachteilig zu nennen.

5.3 Vergleichende Bewertung der Kontrollmethoden

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass zwischen den Ergebnissen der drei Untersuchungsmethoden nur ein sehr schwacher bis schwacher Zusammenhang besteht.

Mögliche Gründe für den schwachen Zusammenhang aller untersuchten Verfahren können sein:

- dass den drei Methoden jeweils unterschiedliche Nachweisverfahren zugrunde liegen: Je nach Art der vorhandenen Rückstände können diese mittels einem der drei getesteten Verfahren selektiv detektiert werden. Beispielsweise kann das Proteinnachweis-Verfahren bei Untersuchung einer Oberfläche ein positives Ergebnis ergeben, wenn zuvor proteinhaltige Lebensmittel bearbeitet wurden und die Fläche nicht ausreichend gereinigt wurde. Ein zum gleichen Zeitpunkt durchgeföhrtes mikrobiologisches Tupferverfahren zum direkten Nachweis vorhandener Mikroorganismen kann abweichende Ergebnisse zeigen, da vorhandene Rückstände zwar ein Keimwachstum ermöglichen können, dieses jedoch erst zeitversetzt in Abhängigkeit von der Vermehrungsgeschwindigkeit der Mikroorganismen und ab einer gewissen Nachweisgrenze feststellbar ist.

- dass die Methoden unter Feldbedingungen getestet wurden:

Ziel der Arbeit war es, die Verfahren unter Praxisbedingungen für die Anwendung in der amtlichen Lebensmittelüberwachung zu testen. Somit konnten im Gegensatz zur Untersuchung im Labor keine gesicherten Bedingungen vorliegen. So können unsichere Bedingungen wie nicht konstante Temperaturen bei Probenahme oder die Tatsache, dass die Art der Verschmutzung nicht bekannt war, zu divergierenden Ergebnissen bei Anwendung der drei Untersuchungsverfahren führen. Des Weiteren kann die Beschaffenheit und Zugängigkeit der Oberfläche je nach verwendeter Methode unterschiedlich stark beeinflussend wirken. Beispielsweise wurden bei den eigenen Untersuchungen unterschiedlich stark abgenutzte Schneidebretter vorgefunden, bei denen vorhandene, aber durch Furchen schwer erreichbare, Rückstände bei der Probenahme möglicherweise nicht bei Anwendung aller drei Testmethoden gleichartig vollständig abgetragen werden konnten. Hier ist die Beprobung mittels Tupfersystemen zum mikrobiologischen und ATP-Nachweis besser einsetzbar als dies bei Verwendung der Protein-Testkarte der Fall ist. Somit können bei Untersuchung desselben Gegenstands mit den drei Verfahren abweichende Ergebnisse resultieren.

- dass direkt angrenzende Flächen beprobt wurden:

Von den nebeneinander liegenden Flächen musste von einem einheitlichen Reinigungszustand ausgegangen werden. Jedoch kann die Beprobung nicht identischer Flächen möglicherweise zu divergierenden Ergebnissen führen. Eine dreimalige Beprobung der gleichen Fläche war nicht möglich, da bei jeder Probenahme ein Teil der nachzuweisenden Rückstände abgetragen worden wäre und die Ergebnisse der drei getesteten Verfahren verfälscht hätte.

5.3.1 Vergleichende Bewertung der Schnellmethoden

Durch die eigenen Untersuchungen konnte ein Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der ATP- und Clean Card® PRO-Messwerte bestätigt werden, der mit einem Korrelationskoeffizienten von $\rho = 0,45$ dennoch grundsätzlich als schwach einzustufen ist (siehe auch Abschnitt 4.3.1). Das bedeutet, dass mit einer hohen Wahrscheinlichkeit falsche Schlussfolgerungen zwischen den Ergebnissen beider Testmethoden gezogen werden können. Ergibt beispielsweise der Schnelltest mit der Clean Card® PRO ein hohes Messergebnis (zwischen Kategorie 3 und 4), besteht eine Wahrscheinlichkeit von über 30%, dass bei denselben Oberflächen ein unterdurchschnittlicher ATP-Wert gemessen wird. Es kann bei hohen Messergebnissen mittels Protein-Nachweis folglich nicht automatisch von einem hohen RLU-Wert mittels ATP-Messung ausgegangen werden. Ebenso kann mit einer Wahrscheinlichkeit von über 30% ein niedriges Messergebnis mittels Proteinverfahren (zwischen Kategorie 1 und 2) mit einem überdurchschnittlich hohen Wert bei Anwendung der ATP-Biolumineszenz eintreten. Somit können, bedingt durch die schwache Korrelation, die beiden Messverfahren nicht uneingeschränkt gegeneinander ausgetauscht werden.

Um zu prüfen, ob der Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit abnimmt, wenn beispielsweise nur glatte Metallocberflächen von Messern in die Berechnungen einbezogen werden,

wurden für die Schnellverfahren die Korrelationen für einzelne Gegenstände berechnet. Doch auch wenn nur einzelne Gegenstände betrachtet wurden, ergaben die Auswertungen ebenfalls nur einen schwachen oder sehr schwachen Zusammenhang zwischen der ATP-Messung und dem Proteinnachweis. Somit konnte in den eigenen Untersuchungen für keinen bestimmten Gegenstand gezeigt werden, dass die beiden Verfahren untereinander gut ersetztbar sind (siehe Tabelle 4.2 sowie Anhang Abbildung A.1).

Bisher existieren nur wenig Vergleichsuntersuchungen der beiden hier untersuchten Schnelltests. Schmidt [117] hat ebenfalls in ihrer Arbeit das ATP-Verfahren im Vergleich mit dem damals neu entwickelten Proteinnachweis mittels Clean Card® PRO untersucht, sowohl unter Laborbedingungen als auch in Feldversuchen. Ziel war, die Zuverlässigkeit und Anwendbarkeit zur betrieblichen Eigenkontrolle des Reinigungserfolgs in Lebensmittelbetrieben zu bewerten. Die vorliegende Arbeit ergänzt diese Untersuchungen, da hier die Einsatzmöglichkeit der Schnelltestmethoden im Vergleich zum mikrobiologischen Tupferverfahren in der amtlichen Lebensmittelüberwachung unter praxisnahen Bedingungen getestet wurde.

Laut Schmidt [117] besteht zwischen dem ATP- und Proteinnachweisverfahren eine positive Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von $\rho = 0,70$ ($n = 349$). Wie bereits beschrieben, konnte in den eigenen Untersuchungen eine Korrelation beider Schnelltestverfahren bestätigt werden, wenn auch weniger stark ausgeprägt ($\rho = 0,45$) ($n = 109$). Im Gegensatz zu den im Rahmen dieser Arbeit durchgeföhrten Untersuchungen erfolgten die Probenahmen bei Schmidt jedoch immer mit Vorankündigung der Betriebsbesuche und nach erfolgter Reinigung der Produktionsbereiche ohne sich anschließende Desinfektion. Außerdem erfolgte die Probenahme in den neun ausgewählten lebensmittelverarbeitenden Betrieben (vorrangig Fleisch- und Milchprodukt-verarbeitende Betriebe) teilweise auf anderen Oberflächen, zudem jeweils mehrfach in wöchentlichen Betriebsbegehungen. Somit lagen bei Schmidt im Gegensatz zu den selbst durchgeföhrten Untersuchungen kontrolliertere Bedingungen bei den Feldversuchen vor.

Die ATP-Ergebnisse von Schmidt liegen ähnlich breit gestreut wie in den eigenen Untersuchungen. Allerdings hat Schmidt eine breitere Streuung der Ergebnisse des Proteintests, da hier auch „saubere“ Messungen (entspricht der Kategorie 1, keine Färbung der Testkarte) beobachtet wurden. Eine Nicht-Färbung der Clean Card® PRO wurde in den selbst durchgeföhrten Untersuchungen nie festgestellt.

Des Weiteren kam es bei Schmidt bei Durchführung des Proteintests in mehreren Fällen zu einer abweichenden Farbreaktion durch Reinigungsmittelrückstände, die im weiteren Verlauf der Auswertung als „negativ“ bewertet wurden. In den selbst durchgeföhrten Untersuchungen konnten derartige Farbabweichungen (erst Verfärbung der Testkarte mit anschließender Aufhellung, oder „verwässerte“ Hellblau-Färbung der Testkarte) nicht beobachtet werden. Da eine intensive Blaufärbung auch bei Reinigungsmittelrückständen auftreten kann, führt dies zu einer falsch-positiven Bewertung des Tests, da dieser Farbumschlag nicht von einem proteinbedingten Farbumschlag differenziert werden kann. Ebenso kann eine Reaktion der Testkarte durch Rückstände von Desinfektionsmitteln hervorgerufen werden [130].

5.3.2 Vergleichende Bewertung der Schnellmethoden mit den mikrobiologischen Tupferproben

In den durchgeföhrten vergleichenden Untersuchungen zwischen den beiden Schnellmethoden und dem mikrobiologischen Tupferverfahren konnte nur ein sehr schwacher Zusammenhang festgestellt werden, sowohl zwischen den Ergebnissen des Tupferverfahrens und den Ergebnissen des ATP-Verfahrens ($\rho = 0,13$), als auch zwischen den Ergebnissen des Tupferverfahrens und den Clean Card® PRO-Messwerten ($\rho = 0,14$). Bei beiden Vergleichen beträgt die Wahrscheinlichkeit, sich widersprechende Rückschlüsse zu ziehen, über 40%. Somit können auch hier aus den Ergebnissen des Tupferverfahrens die Messergebnisse der beiden Schnelltests nicht sicher vorhergesagt werden. Ein niedriges Ergebnis der Protein- oder ATP-Messung muss demzufolge nicht zwingend mit einem niedrigen Ergebnis eines parallel durchgeföhrten Tupferverfahrens einhergehen. Aufgrund der sehr schwachen Korrelationen kann geschlussfolgert werden, dass das mikrobiologische Nachweisverfahren nur bedingt durch Schnelltestmethoden ersetzt werden kann. Ähnliche Aussagen hinsichtlich einer schwachen Korrelation zwischen Tupfer- und ATP-Verfahren finden sich auch bei Larson u. a. und Willis u. a. [113, 123].

Im Allgemeinen konnte auch für einzelne Gegenstände kein Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Tupferverfahrens und den Ergebnissen eines der beiden Schnelltestmethoden festgestellt werden (siehe Tabellen 4.3 und 4.4). Somit sind das Tupfer- und die Schnelltestverfahren auch zur Beprobung bestimmter Oberflächen nicht gut untereinander austauschbar.

5.4 Bewertung der Ergebnisse der Kontrollmethoden

5.4.1 Bewertung der Ergebnisse der Schnellmethoden

Der Median- und Modalwert aller ausgewerteten Ergebnisse zeigt sowohl für das ATP-Verfahren (Median: 2920) als auch für den Protein-Schnelltest (Modus: 2,5) erhöhte Werte. Da ausschließlich gereinigte Gegenstände beprobt wurden, lassen diese Werte den Rückschluss zu, dass die Reinigung oft nicht ausreichend war und nachgebessert werden sollte.

Beide Testsysteme zeigten eine starke Streuung bei Betrachtung aller Messwerte. Diese reichten beim ATP-Nachweis von Werten < 100 RLU bis hin zu 10^6 RLU. Die Ergebnisse des Proteinnachweis umfassten Auswertungen von 1,5 bis 4 (siehe Abbildung 4.4).

Auch bei Betrachtung der einzelnen Gegenstände besteht eine starke Streuung der Messergebnisse. Die Darstellung der Streuung und Berechnung des Medianwertes für jeden Gegenstand (siehe Abbildung 4.5) zeigt, dass höchste Werte bei Arbeitsflächen gemessen wurden. Ursächlich kann eine mangelhafte Nachreinigung oder eine Rekontamination einer zuvor sauberen Fläche mittels altverschmutztem bakterienbelastetem Wischlappen sein [25, 26, 132].

Auch im Bereich Spültechnik waren die Werte bei beiden Testsystemen stark erhöht. Teilweise konnten altverschmutzte Handbrausen oder ein verschmutzter Innenraum der

Spülmaschine als Ursache identifiziert werden. Derartige anhaftende Verschmutzungsrückstände können Bakterien enthalten, die während des Spülprozesses auf das zu reinigende Geschirr übertragen werden können [133].

Bei den Schneidebrettern lagen die Messwerte zwar im Allgemeinen niedriger, aber ebenfalls im nicht zufriedenstellenden Bereich. Häufig wiesen die Oberflächen optisch erkennbar starke Abnutzungen und Furchen auf, die eine Ansammlung von Rückständen begünstigen und eine ordnungsgemäße Reinigung erschweren können. Auch Yoon u. a. stellte in seinen Untersuchungen fest, dass Schneidebretter zu einer Kontamination von Lebensmitteln mit pathogenen Keimen führen können [134]. Hier scheint als Maßnahme nur ein Abschleifen oder die regelmäßige Erneuerung des Schneidebretts sinnvoll.

Auch bei den Messern lagen die Werte im erhöhten Bereich. Häufig war eine mangelhafte Reinigung am Übergang zwischen Griff und Klinge feststellbar. Nach Yoon u. a. können Messer zu einer Kreuzkontamination während des Schneidens führen. Deswegen sollten Messer, ebenso wie andere Küchenutensilien, einer ordnungsgemäßen Reinigung unterzogen werden, um vorhandene Bakterien auch an schwer zugänglichen Stellen wie Kratzern oder Rissen zu entfernen [134].

Es konnte ein schwacher innerbetrieblicher Zusammenhang zwischen den Messwerten zweier Gegenstände festgestellt werden. Das bedeutet, dass bei Beprobung in einem Betrieb ein (relativ zu anderen Betrieben) niedriges Ergebnis bei Untersuchung einer Fläche (beispielsweise Arbeitsfläche) mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit ein ebenfalls niedriges Ergebnis bei Untersuchung anderer Gegenstände (wie Messer, Schneidebrett) zu erwarten ist. Zudem konnte gezeigt werden, dass sich die Korrelationskoeffizienten zweier Flächen zwischen dem ATP- und Clean Card® PRO-Verfahren stark unterscheiden. Diese sind bei Anwendung der ATP-Biolumineszenz im Allgemeinen höher als bei Nachweis von Proteinrückständen mittels Clean Card® PRO (siehe Tabelle 4.5). Als Folge der positiven Korrelation zweier Gegenstände können somit mittels ATP-Schnelltest Betriebe wahrscheinlicher als „überdurchschnittlich gut“ oder „überdurchschnittlich schlecht“ eingestuft werden als dies durch den Protein-Schnelltest möglich ist, jedoch muss hierbei der allgemein schwache Zusammenhang berücksichtigt werden. Innerhalb eines Betriebes konnten große Schwankungen der einzelnen Messergebnisse festgestellt werden. Aufgrund der schwachen Korrelationen der Messwerte zweier Gegenstände kann bei Beprobung einer Fläche innerhalb eines Betriebs nicht auf die Ergebnisse weiterer zu beprobender Flächen geschlussfolgert werden. Zur Bewertung des Hygienestatus eines Betriebs sollten daher möglichst viele Proben an unterschiedlichen relevanten Oberflächen genommen werden.

Auf optisch sauberen Flächen können noch Rückstände vorhanden sein, wie auch die Untersuchungen von Schmidt zeigten [117]. Auch die eigenen Untersuchungen bestätigen diese Aussage, da bei Anwendung des ATP- und des Proteinverfahrens vielfach erhöhte Messwerte bei visuell sauberen Oberflächen auftraten.

Im Gegensatz dazu zeigen die Ergebnisse von optisch nicht sauberen Gegenständen eindeutigere, höhere Messwerte (siehe Abbildung 4.6). Auch der durchgeführte Signifikanztest (siehe Abschnitt 4.4.1) konnte den Unterschied in den ATP- und Proteinverfahrens-Ergebnissen zwischen optisch sauberen und nicht sauberen Flächen bestätigen. Somit kann bei beiden Schnelltestverfahren bei optisch sauberen Gegenständen mit niedrigeren Mess-

werten gerechnet werden als bei optisch nicht sauberen Gegenständen.

Allerdings überlappen die Messwerte stark (siehe Abbildung 4.6). Daher kann bei einer optisch sauberen Oberfläche nicht automatisch von einer geringen biologischen Kontamination ausgegangen werden, was auch Trautsch in ihren Untersuchungen feststellte [126].

5.4.2 Bewertung der Ergebnisse der mikrobiologischen Tupferproben

Für die Bestimmung der Gesamtkeimzahl durch das mikrobiologische Tupferverfahren errechnet sich ein Median von über 10^6 koloniebildende Einheiten pro Tupfer. Wie auch bei den Schnelltestmethoden, besteht für das Tupferverfahren eine starke Streuung der Ergebnisse. Diese liegen zwischen Werten von $< 10^2$ und $> 10^{10}$ koloniebildende Einheiten pro Tupfer (siehe Abbildung 4.7). Dies legt nahe, dass die Reinigung teilweise unzureichend war und möglicherweise vorhandene Mikroorganismen nicht vollständig entfernt wurden und sich im weiteren Verlauf vermehrten konnten.

Es konnte ebenfalls ein schwacher innerbetrieblicher Zusammenhang zwischen den Ergebnissen zweier beprobter Flächen ermittelt werden. Somit kann auch bei Anwendung des Tupferverfahrens bei Beprobung in einem Betrieb mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit bei einem (relativ zu anderen Betrieben) niedrigen Ergebnis bei Untersuchung einer Fläche (beispielsweise Arbeitsfläche) auch mit einem niedrigen Ergebnis bei Untersuchung anderer Gegenstände (wie Messer, Schneidebrett) gerechnet werden. Die errechneten Korrelationen zweier Flächen sind im Allgemeinen ähnlich der bereits beschriebenen innerbetrieblichen Korrelationen für das ATP-Verfahren (siehe Tabelle 4.7). Folglich können aufgrund der vorhandenen Korrelation zweier Gegenstände auch mittels Tupferverfahren wahrscheinlich „überdurchschnittlich gute“ oder „überdurchschnittlich schlechte“ Betriebe identifiziert werden, jedoch muss auch hier der generell schwach bestehende Zusammenhang beachtet werden. Auch hier lassen die schwachen Korrelationen keine Rückschlüsse von einer beprobten Fläche auf andere Flächen zu, somit sollten ebenfalls alle relevanten Oberflächen getestet werden.

Nach Wildbrett und Krowas [107] gibt es keinen Zusammenhang zwischen vorhandenen Schmutzrückständen und der Anzahl vorhandener Mikroorganismen nach erfolgter Reinigung. Der durchgeführte Mann-Whitney-U-Test (siehe Abschnitt 4.4.2) konnte jedoch einen signifikanten Unterschied in den Ergebnissen zwischen optisch sauberen und nicht sauberen Flächen feststellen. Somit kann auch bei Anwendung des Tupferverfahrens bei optisch sauberen Gegenständen mit durchschnittlich niedrigeren Messwerten gerechnet werden als bei optisch nicht sauberen Gegenständen.

Allerdings konnte in den eigenen Untersuchungen gezeigt werden, dass auch optisch saubere Gegenstände oft hohe Gesamtkeimzahlwerte aufwiesen. Auch Willis u. a. [123] hat in seinen Untersuchungen den visuellen Reinigungszustand unter anderem mit mikrobiologischen Tupferergebnissen verglichen. Hier wurden vielfach nicht zufriedenstellend erhöhte Werte mittels mikrobiologischem Tupfer auch bei optisch nicht zu beanstandenden Flächen festgestellt. Ebenso konnte Trautsch [126] diese Beobachtung bestätigen.

Das Vorhandensein von Enterobakterien konnte für den Großteil der untersuchten Proben ausgeschlossen werden. Nur bei vier Flächen wurde ein Gehalt von über 10^5 koloniebildenden Einheiten pro Tupfer festgestellt, wobei jeweils zweimal das Schneidebrett und die Handbrause betroffen war. Da vor allem über das Schneidebrett eine Kreuzkontamination beim Umgang mit Lebensmitteln möglich ist, ist auf eine konsequente Hygiene und Vermeidung von Schmierinfektionen zu achten [135]. Ebenso ist auf eine regelmäßige Reinigung der Handbrause zu achten, da in Analogie zu den Untersuchungen von Wernersson, Johansson und Håkanson von einer möglichen Übertragung von anhaftenden Bakterien auf das Spülgut ausgegangen werden kann [133].

5.5 Bewertung der Betriebshygiene

Wie bereits in Kapitel 4.5 beschrieben, ergab die Auswertung der Angaben zur Betriebshygiene aller kontrollierten Cateringbetriebe einen im Allgemeinen zufriedenstellenden Gesamteindruck. Nur zwei der kontrollierten Betriebe wiesen gravierendere Mängel auf. Drei der 25 untersuchten Betriebe konnten sogar als sehr gut hinsichtlich des vorherrschenden Hygienezustands eingestuft werden.

Die Gesamtbewertung der Betriebshygiene spiegelte sich auch teilweise in den Ergebnissen der Schnelltests und des Tupferverfahrens wider (siehe Tabelle 4.11). Für das ATP-Verfahren konnte hier gezeigt werden, dass die hinsichtlich Betriebshygiene als sehr gut eingestuften Betriebe auch relativ niedrigere Messergebnisse aufwiesen. Analog wurden bei den Betrieben mit gravierenderen hygienischen Mängeln durchschnittlich höhere Messwerte festgestellt. Für das Tupferverfahren ist dieser Zusammenhang schwächer ausgeprägt, ebenso für den Protein-Schnelltest.

Der Zusammenhang zwischen der Betriebshygiene und den Messwerten beschränkt sich allerdings auf den allgemeinen Gesamteindruck. Unter den einzelnen überprüften Angaben zur Personalhygiene, Reinigung und Desinfektion sowie zum HACCP-Konzept konnte kein einzelner Punkt ausgemacht werden, der einen besonders starken Einfluss auf die Messwerte hatte.

5.5.1 Bewertung der Personalhygiene

Die Auswertung der Personalhygiene (siehe Tabelle 4.8) ergab für die Bereiche Personalumkleiden und -toiletten in der Regel ausreichende hygienische Bedingungen. In den Punkten Schutzkleidung und Händehygiene jedoch konnte gezeigt werden, dass teilweise noch Nachbesserungsbedarf besteht.

So wurde bei zehn der 25 kontrollierten Betriebe auf das Tragen von geeigneter Kopfbedeckung verzichtet. Jedoch ist nach Verordnung (EG) 852/2004 [3] bei Personen, die in Lebensmittelbetrieben arbeiten, ein hohes Maß an persönlicher Hygiene sowie geeignete Arbeits- oder Schutzkleidung erforderlich. Sowohl Kokott [136] als auch Becker [137] fanden in ihren Untersuchungen ebenfalls heraus, dass das Tragen der erforderlichen Arbeitskleidung in einigen Fällen mangelhaft war.

Des Weiteren waren bei neun Betrieben keine geeigneten Anweisungen zur Händehygiene im Bereich des Handwaschbeckens vorhanden. Dies erhöht das Risiko einer Kontamination beim Umgang mit Lebensmitteln, da durch mangelhafte Reinigung der Hände vorhandene Keime nicht sicher eliminiert werden [26, 138]. Wie Becker [137] feststellte, können diesbezügliche Einweisungen des Personals zur Verbesserung beitragen.

5.5.2 Bewertung der Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen

Bei Überprüfung der betrieblichen Maßnahmen zu Reinigung und Desinfektion (siehe Tabelle 4.9) stellte sich heraus, dass alle 25 kontrollierten Betriebe dies ausschließlich selbst durchführten und nicht über eine externe Reinigungsfirma.

Eine separate Lagerung der verwendeten Reinigungs- und Desinfektionsmittel war bei sechs Betrieben nicht gegeben. Jedoch ist in Verordnung (EG) 852/2004 [3] festgelegt, dass derartige Mittel nicht in Räumen gelagert werden dürfen, in denen mit Lebensmitteln umgegangen wird, um eine nachteilige Beeinflussung der Lebensmittel zu verhindern [26].

In den meisten Fällen war sowohl ein Reinigungsplan als auch eine Dokumentation über durchgeführte Reinigungen vorhanden, was Kokott [136] in ihren Ausführungen zum Hygienestatus von Schulen vielfach nicht vorfinden konnte.

Wie die Ergebnisse in Abschnitt 4.4.2 und die Untersuchungen von Trautsch zeigen, besteht kein Zusammenhang zwischen optisch sauberen Flächen und niedriger Keimzahl [126]. Deshalb sollte zur Kontrolle des Reinigungserfolgs eine zusätzliche mikrobiologische Kontrolle durchgeführt werden, da eine rein visuelle Prüfung nur bedingt aussagekräftig ist. Eine mikrobiologische Kontrolle wurde aber nur in sieben Betrieben durchgeführt, die optische Überprüfung des Reinigungserfolgs hingegen bei 22 Betrieben. Die Ausführungen von Kokott zeigen ein ähnliches Bild, da auch hier in den meisten Fällen auf eine mikrobiologische Reinigungskontrolle verzichtet wurde [136].

5.5.3 Bewertung des HACCP-Konzepts

Die Überprüfung des HACCP-Konzepts hat gezeigt, dass mit 15 von 25 Betrieben die Mehrzahl keine Gefahrenanalyse sowie HACCP-Konzept vorlegen konnten (siehe Tabelle 4.10). Jedoch schreibt die Verordnung (EG) 852/2008 [3] in Art. 5 vor, dass Lebensmittelunternehmer ein Verfahren erstellen und durchführen müssen, das auf den HACCP-Grundsätzen beruht. Auch bei Kokott [136] war die Umsetzung und Dokumentation des Eigenkontrollkonzepts in vielen Fällen nicht oder mangelhaft vorzufinden.

5.6 Schlussfolgerungen

Um hinsichtlich des Hygienestatus konkrete Aussagen treffen zu können, sind verschiedene Untersuchungsverfahren verfügbar, die jeweils Vor- und Nachteile aufweisen.

Die Anwendung konventioneller mikrobiologischer Methoden mittels Tupfer- oder Abklatschverfahren ist nach Reichelt [139] ein in der Hygieneüberwachung noch sehr häufig

Tabelle 5.1: Darstellung der Untersuchungsziele der Methoden zur Hygienekontrolle

Methoden der Hygienekontrolle	Untersuchungsziel	Ergebnisinterpretation
mikrobiologisches Tupferverfahren	direkter Nachweis von Mikroorganismen, weitere Keimdifferenzierung möglich	objektives Ergebnis (koloniebildende Einheiten)
ATP-Nachweis	indirekter Nachweis von Rückständen, keine Unterscheidung zwischen somatischen und mikrobiellen ATP	objektives Ergebnis (RLU-Wert)
Protein-Nachweis	indirekter Nachweis von Proteinrückständen	subjektive Interpretation möglich

eingesetztes Verfahren zur Kontrolle der Reinigung und Desinfektion. Die Überprüfung mittels Schnelltestmethoden wird im Gegensatz dazu eher wenig eingesetzt.

Nach Reichelt [139] können die für verschiedenste Einsatzgebiete verfügbaren Schnelltestverfahren im Allgemeinen auch in der amtlichen Lebensmittelüberwachung eingesetzt werden. Zur Kontrolle der Reinigung und Desinfektion kann jedoch zu keiner Schnelltestmethode bedingungslos geraten werden, diese können aber in Verbindung mit amtlichen Probenahmen als unterstützendes Mittel dienen. Eine Verwertbarkeit der Ergebnisse aller erhältlichen Schnelltestverfahren vor Gericht ist allerdings nicht gegeben, dies ist nur bei Methoden einer amtlichen Untersuchung nach § 64 Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) der Fall.

Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass die beiden hier untersuchten Testsysteme zum Nachweis von ATP- und Proteinrückständen für sich betrachtet zur Beurteilung der Hygiene anwendbar sind, einen mikrobiologischen Nachweis mittels Tupferprobenahme jedoch nicht ersetzen können. Da jedes Verfahren auf unterschiedlichen Nachweissystemen beruht, sind die Methoden nur in begrenztem Umfang untereinander austauschbar. So muss vor Probenahme definiert werden, welches Untersuchungsziel (siehe Tabelle 5.1) durch die Probenahme gewünscht ist, um das dafür geeignete Verfahren auswählen zu können.

Kapitel 6

Zusammenfassung

Einrichtungen zur Gemeinschaftsverpflegung werden häufig extern durch Cateringbetriebe mit Essen beliefert. Allerdings wird die Speisenzubereitung für Kindertageseinrichtungen und Schulen von Seiten des Cateringbetreibers vielfach als Nebenerwerb angesehen, zudem handelt es sich beim belieferten Personenkreis um eine besonders sensible Verbrauchergruppe. Deshalb ist ein hohes Maß an Sorgfalt und Hygiene bei der Speisenherstellung eine entscheidende Voraussetzung, um die gesundheitliche Unbedenklichkeit der zubereiteten Speisen zu gewährleisten. Die gängigen Herstellungsverfahren bergen jeweils unterschiedliche mikrobiologisch-hygienische Risiken. Die jährlich regelmäßig auftretenden lebensmittelbedingten Ausbrüche in von Cateringbetrieben belieferten Einrichtungen zeigen, dass Hygienekontrollen im Rahmen der amtlichen Lebensmittelüberwachung in solchen Betrieben von großer Bedeutung sind.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, im Rahmen von Betriebskontrollen erhobene Daten zur Beschreibung eines bayernweiten Status auszuwerten. Darüber hinaus wurden unterschiedliche Methoden zur Überprüfung des hygienischen Zustands von gereinigten, produktberührenden Oberflächen und Bedarfsgegenständen getestet, um ihre Einsatzmöglichkeiten in der amtlichen Lebensmittelüberwachung vergleichend zu beurteilen.

Insgesamt wurden 25 Cateringbetriebe, die sensible Personenkreise beliefern, in ganz Bayern in die Untersuchungen einbezogen. Im Rahmen der Kontrollen wurden Angaben zur Betriebshygiene überprüft sowie risikoorientiert Umgebungsproben genommen, um die hygienische Beschaffenheit zu überprüfen. Die Probenahme erfolgte jeweils vergleichend mittels drei Methoden an vier bis fünf hygienisch relevanten Oberflächen, insgesamt wurden 109 Proben entnommen. Je untersuchtem Bedarfsgegenstand wurden direkt angrenzende Flächen durch mikrobiologische Tupfer beprobt, des Weiteren wurde eine Messung von ATP-Rückständen mittels Biolumineszenz und der Nachweis von Proteinrückständen mit Hilfe einer Testkarte durchgeführt. Die mikrobiologischen Tupfer dienten zur späteren Bestimmung der Gesamtkeimzahl sowie des Gehalts der Enterobakterien. Die beiden Schnelltests konnten sofort nach Probenahme auf vorhandene Rückstände ausgewertet werden.

Die Überprüfung der Betriebshygiene ergab im Allgemeinen einen zufriedenstellenden bis sehr guten Eindruck. Im Bereich der Personalhygiene sowie der durchgeführten Maß-

nahmen zu Reinigung und Desinfektion waren seltener Defizite vorzufinden. Allerdings waren häufig Mängel im Bereich des HACCP-Eigenkontrollkonzepts vorhanden.

Die Auswertung aller Messergebnisse der Umgebungsproben hat gezeigt, dass unabhängig von der eingesetzten Untersuchungsmethode eine breite Streuung der Ergebnisse besteht. Darüber hinaus waren die Messwerte aller Verfahren trotz Beprobung gereinigter Oberflächen im erhöhten und somit nicht zufriedenstellenden Bereich angesiedelt, was nahelegt, dass die Reinigung teilweise nicht ausreichend war. Außerdem konnte gezeigt werden, dass auch optisch saubere Gegenstände vielfach noch erhöhte Werte aufweisen und demzufolge bei diesen Flächen nicht automatisch von einer geringen biologischen Kontamination ausgegangen werden darf. Das Vorhandensein von Enterobakterien als Hinweis auf mangelhafte Hygiene konnte in den meisten Fällen ausgeschlossen werden.

Die vergleichende Betrachtung aller drei Kontrollverfahren untereinander hat ergeben, dass jeweils nur sehr schwache bis schwache Übereinstimmungen zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Untersuchungsmethoden bestehen (Berechnung des Korrelationskoeffizienten nach Spearman: zwischen ATP- und Proteinnachweis $\rho = 0,45$, $p < 0,001$; zwischen ATP- und Tupferverfahren $\rho = 0,13$, $p = 0,170$; zwischen Protein- und Tupferverfahren $\rho = 0,14$, $p = 0,129$). Somit sind zwar die beiden Testsysteme zum Nachweis von ATP- und Proteinrückständen zur Beurteilung des Hygienestatus grundsätzlich geeignet, können allerdings, aufgrund der unterschiedlichen Nachweisverfahren, nicht uneingeschränkt gegeneinander ausgetauscht werden und sind jeweils anhand des gewünschten Untersuchungsziels auszuwählen. In Verbindung mit mikrobiologischen Tupferproben können die Schnelltestmethoden als unterstützendes Mittel dienen, dieses Verfahren jedoch nicht ersetzen. Zudem ist zu beachten, dass nur amtliche Untersuchungsmethoden nach § 64 Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) gerichtsverwertbare Ergebnisse gewährleisten.

Kapitel 7

Summary

Hygiene controls in catering companies which supply sensitive consumer groups

Communal catering facilities are often supplied with food externally by catering companies. However, the preparation of meals for day-care facilities and schools is often regarded by the catering operator as a sideline, and the group of people supplied is a particularly sensitive consumer group. Therefore, a high degree of care and hygiene in food preparation is a decisive prerequisite to ensure that the prepared food is safe to health. The current production processes each involve different microbiological and hygienic risks. The food-related outbreaks that occur regularly every year in facilities supplied by catering companies show that hygiene controls are of great importance in the context of official foodstuffs monitoring in such facilities.

The aim of the present study was therefore to evaluate data collected in the course of company inspections in order to describe a status that applies throughout Bavaria. In addition, different methods for checking the hygienic status of cleaned, product-contacting surfaces and utensils were tested in order to evaluate their possible use in official foodstuffs monitoring in a comparative way.

A total of 25 catering companies supplying sensitive groups of people throughout Bavaria were included in the investigations. Within the scope of the controls, information on operating hygiene was checked and risk-oriented environmental samples were taken to verify the hygienic condition. Samples were taken by three comparative methods on four to five hygienically relevant surfaces; a total of 109 samples were taken. For each utensil tested, directly adjacent surfaces were sampled using microbiological swabs. In addition, ATP residues were measured using bioluminescence and protein residues were detected using a test card. The microbiological swabs were used for the later determination of the total bacterial count and the content of enterobacteria. The two rapid tests could be evaluated for existing residues immediately after sampling.

The examination of the operating hygiene generally gave a satisfactory to very good impression. In the area of personnel hygiene as well as the measures carried out for cleaning and disinfection, deficits were found less frequently. However, deficiencies were frequently

found in the area of the HACCP self-monitoring concept.

The evaluation of all measurement results of the environmental samples has shown that there is a wide spread of results independent of the examination method used. Furthermore, despite sampling of cleaned surfaces, the measured values of all procedures were in the elevated and thus unsatisfactory range, which suggests that the cleaning was partly insufficient. Furthermore, it could be shown that even optically clean objects often show elevated values and that therefore a low biological contamination cannot automatically be assumed for these surfaces. The presence of enterobacteria as an indication of poor hygiene could be excluded in most cases.

The comparative examination of all three control methods among themselves has shown that in each case there is only very weak to weak agreement between the results of the different test methods (calculation of the correlation coefficient according to Spearman: between ATP and protein detection $\rho = 0.45$, $p < 0.001$; between ATP and swab methods $\rho = 0.13$, $p = 0.170$; between protein and swab methods $\rho = 0.14$, $p = 0.129$). Thus, the two test systems for the detection of ATP and protein residues are basically suitable for the assessment of the hygiene status, but due to the different detection methods, they cannot be replaced by each other without restrictions and have to be selected according to the desired test objective. In combination with microbiological swab samples, the rapid test methods can serve as a supporting tool, but cannot replace this procedure. It should also be noted that only official test methods according to § 64 of the German Food and Feed Code (LFGB) guarantee results that can be used in court.

Literaturverzeichnis

- [1] Gudrun Gallhoff und Gerhard Rimkus. „Die Europäische Union, die Europäische Gemeinschaft und ihre Rechtsordnung, die Europäische Lebensmittelkontrolle“. In: *Taschenbuch für Lebensmittelchemiker: Lebensmittel–Bedarfsgegenstände–Kosmetika–Futtermittel*. Hrsg. von Wolfgang Frede. Springer-Verlag, 2006. Kap. 1, S. 1–28.
- [2] *Verordnung (EG) Nr. 178/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 28. Januar 2002 zur Festlegung der allgemeinen Grundsätze und Anforderungen des Lebensmittelrechts, zur Errichtung der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit und zur Festlegung von Verfahren zur Lebensmittelsicherheit.*
- [3] *Verordnung (EG) Nr. 852/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über Lebensmittelhygiene.*
- [4] *Verordnung (EG) Nr. 853/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs.*
- [5] *Verordnung (EU) Nr. 2017/625 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. März 2017 über amtliche Kontrollen und andere amtliche Tätigkeiten zur Gewährleistung der Anwendung des Lebens- und Futtermittelrechts und der Vorschriften über Tiergesundheit und Tierschutz, Pflanzengesundheit und Pflanzenschutzmittel.*
- [6] *Verordnung (EG) Nr. 854/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 mit besonderen Verfahrensvorschriften für die amtliche Überwachung von zum menschlichen Verzehr bestimmten Erzeugnissen tierischen Ursprungs.*
- [7] *Verordnung (EG) Nr. 882/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 über amtliche Kontrollen zur Überprüfung der Einhaltung des Lebensmittel- und Futtermittelrechts sowie der Bestimmungen über Tiergesundheit und Tierschutz.*
- [8] Bundesinstitut für Risikobewertung. *Fragen und Antworten zum Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP)-Konzept*. 2005.
- [9] FAO/WHO. *Codex Alimentarius – General principles of food hygiene*. 1969, Rev.4 2003.

- [10] Gundula Thomas, Astrid Freund und Friedrich Gründig. „Regelungen im Verkehr mit Lebensmitteln und Bedarfsgegenständen in Deutschland“. In: *Taschenbuch für Lebensmittelchemiker: Lebensmittel–Bedarfsgegenstände–Kosmetika–Futtermittel*. Hrsg. von Wolfgang Frede. Springer-Verlag, 2006. Kap. 3, S. 51–85.
- [11] *Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch - LFGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. Juni 2013.*
- [12] *Verordnung über Anforderungen an die Hygiene beim Herstellen, Behandeln und Inverkehrbringen von Lebensmitteln (Lebensmittelhygiene-Verordnung - LMHV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. Juni 2016.*
- [13] *Verordnung über Anforderungen an die Hygiene beim Herstellen, Behandeln und Inverkehrbringen von bestimmten Lebensmitteln tierischen Ursprungs (Tierische Lebensmittel-Hygieneverordnung - Tier-LMHV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. April 2018.*
- [14] Deutscher Caritasverband e.V. und Diakonisches Werk der Evangelischen Kirche in Deutschland e.V. *Wenn in sozialen Einrichtungen gekocht wird. Die Leitlinie für eine Gute Lebensmittelhygienepraxis in sozialen Einrichtungen.* 2009.
- [15] Bundesverband für Kindertagespflege e.V. *Die Leitlinie für eine Gute Lebensmittelhygienepraxis in der Kindertagespflege.* 2013.
- [16] Martin Müller u. a. *Hygiene-Leitlinie für die Gastronomie.* Interhoga GmbH. Sep. 2011.
- [17] Ulrike Arens-Azevedo und Wolhart Lichtenberg. *Verpflegungssysteme in der Gemeinschaftsverpflegung.* Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. Aug. 2011.
- [18] Ulrike Kleiner und Thomas Reiche. *Hygiene in Großküchen–Cook&Chill in Theorie und Praxis.* Behr's Verlag, 2016.
- [19] *DIN 10506 Lebensmittelhygiene - Gemeinschaftsverpflegung.* Juli 2018.
- [20] *DIN 10508 Lebensmittelhygiene - Temperaturen für Lebensmittel.* März 2019.
- [21] Bundesinstitut für Risikobewertung. *Warmhaltetemperatur von Speisen sollte über 65 °C betragen.* Stellungnahme Nr. 008/2008. Aug. 2008.
- [22] *DIN 10536 Lebensmittelhygiene - Cook & Chill Verfahren - Hygieneanforderungen.* März 2016.
- [23] Johannes Krämer und Alexander Prange. *Lebensmittel-Mikrobiologie.* 7. Aufl. UTB, 2017. Kap. 2.1.
- [24] Sigrid Krüger. „Reinigung und Desinfektion in Betrieben der Gemeinschaftsverpflegung“. In: *Hygiene in der Gemeinschaftsverpflegung.* Hrsg. von Sigrid Krüger, Maria-Theresia Linner und Regina Zschaler. Behr's Verlag, 2008. Kap. 7, S. 57–73.

- [25] G. M. Tebbutt. „Laboratory evaluation of disposable and reusable disinfectant cloths for cleaning food contact surfaces“. In: *Epidemiology & Infection* 101.2 (1988), S. 367–375.
- [26] Bundesinstitut für Risikobewertung. *Hygieneregeln in der Gemeinschaftsgastronomie*. Merkblatt. 2018.
- [27] T. A. Cogan u. a. „Achieving hygiene in the domestic kitchen: the effectiveness of commonly used cleaning procedures“. In: *Journal of Applied Microbiology* 92.5 (2002), S. 885–892.
- [28] Wilfried Thor und Marcel Loncin. „Reinigen, Desinfizieren und Nachspülen in der Lebensmittel-Industrie“. In: *Chemie Ingenieur Technik* 50.3 (1978), S. 188–193.
- [29] Gerald McDonnell und A Denver Russell. „Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance“. In: *Clinical microbiology reviews* 12.1 (1999), S. 147–179.
- [30] A.D. Russell. „Bacterial resistance to disinfectants: present knowledge and future problems“. In: *Journal of Hospital Infection* 43 (1999), S57–S68.
- [31] Solveig Langsrud u. a. „Bacterial disinfectant resistance—a challenge for the food industry“. In: *International Biodeterioration & Biodegradation* 51.4 (2003), S. 283–290.
- [32] Regina Zschaler. „Überblick über die hygienerelevanten Mikroorganismen bei Lebensmitteln“. In: *Hygiene in der Gemeinschaftsverpflegung*. Hrsg. von Sigrid Krüger, Maria-Theresia Linner und Regina Zschaler. Behr's Verlag, 2008. Kap. 2, S. 19–24.
- [33] Josef Kleer. „Lebensmittelinfektionen, Zoonosen, Lebensmittelintoxikationen: Begriffe und Bedeutung“. In: *Handbuch Lebensmittelhygiene*. Hrsg. von Thomas Alter, Josef Kleer und Fritz Kley. Behr's Verlag, 2016. Kap. II.2.
- [34] Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 der Kommission vom 15. November 2005 über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel.
- [35] Verordnung (EG) Nr. 1441/2007 der Kommission vom 5. Dezember 2007 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 2073/2005 über mikrobiologische Kriterien für Lebensmittel.
- [36] H.D. Vanitha, C. Sethulekshmi und C. Latha. „An epidemiological investigation on occurrence of enterohemorrhagic *Escherichia coli* in raw milk“. In: *Veterinary World* 11.8 (2018), S. 1164.
- [37] Ichiro Furukawa u. a. „An outbreak of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157: H7 infection associated with minced meat cutlets in Kanagawa, Japan“. In: *Japanese journal of infectious diseases* (2018), JJID–2017.
- [38] James B. Kaper, James P. Nataro und Harry L.T. Mobley. „Pathogenic *escherichia coli*“. In: *Nature reviews microbiology* 2.2 (2004), S. 123.
- [39] Johannes Krämer und Alexander Prange. *Lebensmittel-Mikrobiologie*. 7. Aufl. UTB, 2017. Kap. 2.2.3 *Escherichia coli*.

- [40] Michael Bülte. „Lebensmittelinfektionen - Enterovirulente *Escherichia coli* (EVEC)“. In: *Handbuch Lebensmittelhygiene*. Hrsg. von Thomas Alter, Josef Kleer und Fritz Kley. Behr's Verlag, 2016. Kap. II.2.1.3.
- [41] Robert Koch Institut. *EHEC Erkrankung*. Ratgeber. Juni 2011.
- [42] *Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz-IfSG) vom 20. Juli 2000 (BGBl. I S. 1045), das zuletzt durch Artikel 30 des Gesetzes vom 20. November 2019 (BGBl. I S. 1626) geändert worden ist*. Juli 2000.
- [43] Saman Mahdavi, Mahsa Azizi Dehbokri und Alireza Isazadeh. „Contamination of chicken meat with *Salmonella* spp. distributed in mahabad city, Iran“. In: *Int J Enteric Pathog* 6.3 (2018), S. 65–68.
- [44] Abeba Mengist, Getachew Mengistu und Alemayehu Reta. „Prevalence and anti-microbial susceptibility pattern of *Salmonella* and *Shigella* among food handlers in catering establishments at Debre Markos University, Northwest Ethiopia“. In: *International Journal of Infectious Diseases* 75 (2018), S. 74–79.
- [45] Martha Pulido-Landinez. „Food safety-*Salmonella* update in broilers“. In: *Animal Feed Science and Technology* (2019).
- [46] Shu-Kee Eng u. a. „*Salmonella*: a review on pathogenesis, epidemiology and antibiotic resistance“. In: *Frontiers in Life Science* 8.3 (2015), S. 284–293.
- [47] Hans-Jürgen Sinell und Josef Kleer. „Lebensmittelinfektionen - *Salmonella*“. In: *Handbuch Lebensmittelhygiene*. Hrsg. von Thomas Alter, Josef Kleer und Fritz Kley. Behr's Verlag, 2016. Kap. II.2.1.1.
- [48] Johannes Krämer und Alexander Prange. *Lebensmittel-Mikrobiologie*. 7. Aufl. UTB, 2017. Kap. 2.2.1 *Salmonella*.
- [49] Robert Koch Institut. *Salmonellose*. Ratgeber. Apr. 2016.
- [50] Thi Thu Hao Van u. a. „Rapid and specific methods to differentiate foodborne pathogens, *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*, and the new species causing Spotty Liver Disease in chickens, *Campylobacter hepaticus*“. In: *Foodborne pathogens and disease* 15.8 (2018), S. 526–530.
- [51] Willian Cruzeiro Silva u. a. „*Campylobacter*: An overview of cases, occurrence in food, contamination sources, and antimicrobial resistance in Brazil“. In: *Food reviews international* 34.4 (2018), S. 364–389.
- [52] Joana Silva u. a. „*Campylobacter* spp. as a foodborne pathogen: a review“. In: *Frontiers in microbiology* 2 (2011), S. 200.
- [53] Johannes Krämer und Alexander Prange. *Lebensmittel-Mikrobiologie*. 7. Aufl. UTB, 2017. Kap. 2.4 *Campylobacter jejuni*.
- [54] Thomas Alter, Greta Götz und Edda Bartelt. „Lebensmittelinfektionen - *Campylobacter* spp.“ In: *Handbuch Lebensmittelhygiene*. Hrsg. von Thomas Alter, Josef Kleer und Fritz Kley. Behr's Verlag, 2016. Kap. II.2.1.5.

- [55] Robert Koch Institut. *Campylobacter-Enteritis*. Ratgeber. Juni 2018.
- [56] Federica Fois u. a. „Prevalence, bioserotyping and antibiotic resistance of pathogenic *Yersinia enterocolitica* detected in pigs at slaughter in Sardinia“. In: *International journal of food microbiology* 283 (2018), S. 1–6.
- [57] Khadigeh Sirghani, Tayebeh Zeinali und Abdollah Jamshidi. „Detection of *Yersinia enterocolitica* in retail chicken meat, Mashhad, Iran“. In: *Journal of pathogens* 2018 (2018).
- [58] Agnieszka Chlebicz und Katarzyna Śliżewska. „Campylobacteriosis, salmonellosis, yersiniosis, and listeriosis as zoonotic foodborne diseases: a review“. In: *International journal of environmental research and public health* 15.5 (2018), S. 863.
- [59] Johannes Krämer und Alexander Prange. *Lebensmittel-Mikrobiologie*. 7. Aufl. UTB, 2017. Kap. 2.2.4 *Yersinia enterocolitica*.
- [60] Hans-Jürgen Sinell und Josef Kleer. „Lebensmittelinfektionen - *Yersinia enterocolitica*“. In: *Handbuch Lebensmittelhygiene*. Hrsg. von Thomas Alter, Josef Kleer und Fritz Kley. Behr's Verlag, 2016. Kap. II.2.1.4.
- [61] Robert Koch Institut. *Yersiniose*. Ratgeber. Jan. 2019.
- [62] S. Sahin, R. Kalin und M.N. Mogulkoc. „Distribution of serotypes of *Listeria monocytogenes* in chicken meats in Turkey“. In: *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society* 70.4 (2019), S. 1859–1864.
- [63] Azad Mohammed Taher Al-Brefkani und Ismaeil Mohammed Abdulkahar Mammani. „Characterisation of *Listeria monocytogenes* from Food and Human Clinical Samples at Duhok, Kurdistan Region of Iraq“. In: *J Pure Appl Microbiol* (2019).
- [64] Monika Kurpas, Kinga Wieczorek und Jacek Osek. „Ready-to-eat meat products as a source of *Listeria monocytogenes*“. In: *Journal of veterinary research* 62.1 (2018), S. 49–55.
- [65] Almudena Hernandez-Milian und Antoni Payeras-Cifre. „What is new in listeriosis?“ In: *BioMed research international* 2014 (2014).
- [66] Johannes Krämer und Alexander Prange. *Lebensmittel-Mikrobiologie*. 7. Aufl. UTB, 2017. Kap. 2.7 *Listeria monocytogenes*.
- [67] Edda Bartelt. „Lebensmittelinfektionen - *Listeria spp.*“ In: *Handbuch Lebensmittelhygiene*. Hrsg. von Thomas Alter, Josef Kleer und Fritz Kley. Behr's Verlag, 2016. Kap. II.2.1.8.
- [68] Robert Koch Institut. *Listeriose*. Ratgeber. Juli 2015.
- [69] Shubo Yu u. a. „A Study on Prevalence and Characterization of *Bacillus cereus* in Ready-to-Eat Foods in China“. In: *Frontiers in Microbiology* 10 (2020), S. 3043.
- [70] Baiba Fogele u. a. „Occurrence and diversity of *Bacillus cereus* and moulds in spices and herbs“. In: *Food Control* 83 (2018), S. 69–74.

- [71] N.A. Logan. „*Bacillus* and relatives in foodborne illness“. In: *Journal of applied microbiology* 112.3 (2012), S. 417–429.
- [72] Edward J. Bottone. „*Bacillus cereus*, a volatile human pathogen“. In: *Clinical microbiology reviews* 23.2 (2010), S. 382–398.
- [73] Johannes Krämer und Alexander Prange. *Lebensmittel-Mikrobiologie*. 7. Aufl. UTB, 2017. Kap. 2.5.4 *Bacillus cereus*.
- [74] Michael Bülte. „Bakterielle Lebensmittelintoxikationen - *Bacillus cereus*“. In: *Handbuch Lebensmittelhygiene*. Hrsg. von Thomas Alter, Josef Kleer und Fritz Kley. Behr's Verlag, 2016. Kap. II.2.2.3.
- [75] Balgabay Maikanov u. a. „*Clostridium botulinum* and *Clostridium perfringens* Occurrence in Kazakh Honey Samples“. In: *Toxins* 11.8 (2019), S. 472.
- [76] A.D.J. Cortes-Sanchez. „*Clostridium perfringens* in foods and fish“. In: *Regulatory Mechanisms in Biosystems* 9.1 (2018), S. 112–117.
- [77] Abakabir Mahamat Abdelrahim u. a. „Large-Scale Genomic Analyses and Toxino-typing of *Clostridium perfringens* Implicated in Foodborne Outbreaks in France“. In: *Frontiers in microbiology* 10 (2019), S. 777.
- [78] Ralph R. Meer, J. Glenn Songer und Douglas L. Park. „Human disease associated with *Clostridium perfringens* enterotoxin“. In: *Reviews of environmental contamination and toxicology*. Springer, 1997, S. 75–94.
- [79] Johannes Krämer und Alexander Prange. *Lebensmittel-Mikrobiologie*. 7. Aufl. UTB, 2017. Kap. 2.5.2 *Clostridium perfringens*.
- [80] Michael Bülte. „Bakterielle Lebensmittelintoxikationen - *Clostridium perfringens*“. In: *Handbuch Lebensmittelhygiene*. Hrsg. von Thomas Alter, Josef Kleer und Fritz Kley. Behr's Verlag, 2016. Kap. II.2.2.2.
- [81] Zachary Marsh u. a. „Epidemiology of foodborne *norovirus* outbreaks—United States, 2009–2015“. In: *Food Safety* 6.2 (2018), S. 58–66.
- [82] Barbara Becker und Sascha Mormann. „Foodborne viruses—Nachweis und Tenazität am Beispiel von *Norovirus*“. In: *LBH: Proceedings 5. Leipziger Tierärztekongress*. Hrsg. von Ingrid Vervuert u. a. Bd. 2. 11. Leipziger Universitätsverlag GmbH, Nov. 2009, S. 304.
- [83] Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. *Noroviren in Krankenhäusern, anderen medizinischen Einrichtungen und sonstigen Gemeinschaftseinrichtungen*. Merkblatt. 2017.
- [84] Tomasz Grenda u. a. „*Clostridium botulinum* spores in Polish honey samples“. In: *Journal of veterinary science* 19.5 (2018), S. 635–642.
- [85] Shannon Fleck-Derderian u. a. „The epidemiology of foodborne botulism outbreaks: a systematic review“. In: *Clinical Infectious Diseases* 66.suppl_1 (2018), S73–S81.

- [86] Michael Cherington. „Botulism: update and review“. In: *Seminars in neurology*. Bd. 24. 02. Thieme Medical Publishers. 2004, S. 155–163.
- [87] Johannes Krämer und Alexander Prange. *Lebensmittel-Mikrobiologie*. 7. Aufl. UTB, 2017. Kap. 2.5.1 *Clostridium botulinum*.
- [88] Michael Bülte. „Bakterielle Lebensmittelintoxikationen - *Clostridium botulinum*“. In: *Handbuch Lebensmittelhygiene*. Hrsg. von Thomas Alter, Josef Kleer und Fritz Kley. Behr's Verlag, 2016. Kap. II.2.2.1.
- [89] Robert Koch Institut. *Botulismus*. Ratgeber. Mai 2018.
- [90] Virginia Machado u. a. „Presence of genes encoding enterotoxins in *Staphylococcus aureus* isolates recovered from food, food establishment surfaces and cases of foodborne diseases“. In: *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo* 62 (2020).
- [91] Qi Chen und Sangma Xie. „Genotypes, Enterotoxin Gene Profiles, and Antimicrobial Resistance of *Staphylococcus aureus* Associated with Foodborne Outbreaks in Hangzhou, China“. In: *Toxins* 11.6 (2019), S. 307.
- [92] A. Bhatia und S. Zahoor. „*Staphylococcus aureus* enterotoxins: a review“. In: *J Clin Diag Res* 3.1 (2007), S. 188–197.
- [93] Johannes Krämer und Alexander Prange. *Lebensmittel-Mikrobiologie*. 7. Aufl. UTB, 2017. Kap. 2.6 *Staphylococcus aureus*.
- [94] Michael Bülte. „Bakterielle Lebensmittelintoxikationen - *Staphylococcus aureus*“. In: *Handbuch Lebensmittelhygiene*. Hrsg. von Thomas Alter, Josef Kleer und Fritz Kley. Behr's Verlag, 2016. Kap. II.2.2.4.
- [95] E. Chaidoutis u. a. „Biogenic amines in food as a public health concern An outline of histamine food poisoning.“ In: *Archives of Hellenic Medicine/Arheia Ellenikes Iatrikes* 36.3 (2019).
- [96] Stefan Simunovic u. a. „Histamine in canned and smoked fishery products sold in Serbia“. In: *Scientific journal"Meat Technology"* 60.1 (2019), S. 8–16.
- [97] Krishna Prasad Rai u. a. „Histamine in foods: Its safety and human health implications“. In: *Journal of Food Science and Technology Nepal* 8 (2013), S. 1–11.
- [98] E. Kovacova-Hanuskova u. a. „Histamine, histamine intoxication and intolerance“. In: *Allergologia et immunopathologia* 43.5 (2015), S. 498–506.
- [99] Michael Bülte. „Bakterielle Lebensmittelintoxikationen - Biogene Amine“. In: *Handbuch Lebensmittelhygiene*. Hrsg. von Thomas Alter, Josef Kleer und Fritz Kley. Behr's Verlag, 2016. Kap. II.2.2.5.
- [100] Robert Koch Institut und Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. „Gemeinsamer nationaler Bericht des BVL und RKI zu lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen in Deutschland 2018“. Okt. 2019.

- [101] European Food Safety Authority u. a. „The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2017“. In: *EFSA Journal* 16.12 (2018).
- [102] Robert Koch Institut und Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. „Gemeinsamer nationaler Bericht des BVL und RKI zu lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen in Deutschland 2017“. Aug. 2018.
- [103] Robert Koch Institut und Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. „Gemeinsamer nationaler Bericht des BVL und RKI zu lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen in Deutschland 2016“. Okt. 2017.
- [104] Bettina Rosner und Thomas Schewe. „Gemeinsamer nationaler Bericht des BVL und RKI zu lebensmittelbedingten Krankheitsausbrüchen in Deutschland, 2015“. In: *Journal of Consumer Protection and Food Safety* 12.1 (2017), S. 73–83.
- [105] Bundesinstitut für Risikobewertung. *Sicher verpflegt*. Merkblatt. 2017.
- [106] DIN 10516 *Lebensmittelhygiene - Reinigung und Desinfektion*. Mai 2009.
- [107] G. Wildbrett und D. Krowas. „Kontrolle der Wirksamkeit von Reinigungs- und Desinfektionsverfahren“. In: *Reinigung und Desinfektion in der Lebensmittelindustrie*. Hrsg. von G Wildbrett. 2. Aufl. Behr's Verlag, 2006. Kap. 12, S. 299–316.
- [108] DIN 10113-1 *Bestimmung des Oberflächenkeimgehaltes auf Einrichtungs- und Bedarfsgegenständen im Lebensmittelbereich - Teil 1: Quantitatives Tupferverfahren*. Juli 1997.
- [109] DIN 10113-2 *Bestimmung des Oberflächenkeimgehaltes auf Einrichtungs- und Bedarfsgegenständen im Lebensmittelbereich - Teil 2: Semiquantitatives Tupferverfahren*. Juli 1997.
- [110] DIN 10113-3 *Bestimmung des Oberflächenkeimgehaltes auf Einrichtungs- und Bedarfsgegenständen im Lebensmittelbereich - Teil 3: Semiquantitatives Verfahren mit nährbodenbeschichteten Entnahmeverrichtungen (Abklatschverfahren)*. Juli 1997.
- [111] S. Krüger und R. Zschaler. „Kontrollen“. In: *Hygiene in der Gemeinschaftsverpflegung*. Hrsg. von Sigrid Krüger, Maria-Theresia Linner und Regina Zschaler. Behr's Verlag, 2008. Kap. 9, S. 91–97.
- [112] Melanie Goll, Barbara Kratzheller und Michael Bülte. „Kontrolle von Rückständen auf Oberflächen: Evaluierung des HY-RiSE Colour Hygiene Test Strips zur Überprüfung der Sauberkeit“. In: *Fleischwirtschaft* 83.9 (2003), S. 152–154.
- [113] Elaine L. Larson u. a. „Bioluminescence ATP monitoring as a surrogate marker for microbial load on hands and surfaces in the home“. In: *Food microbiology* 20.6 (2003), S. 735–739.
- [114] HY-RISE® Colour Hygiene Test Strip. Merck Microbiology Manual.
- [115] DIN 10124 *ATP-Messung - Grundlagen zur Erfassung des Hygienestatus mittels Biolumineszenz*. Dez. 2009.

- [116] Jane-Marie Hawronskyj und John Holah. „ATP: a universal hygiene monitor“. In: *Trends in Food Science & Technology* 8.3 (1997), S. 79–84.
- [117] Sonja Schmidt. „Überprüfung der Eignung einer neuen Schnelltestmethode zur Kontrolle des Reinigungserfolges auf Oberflächen in Lebensmittelbetrieben“. Diss. Justus-Liebig-Universität, Gießen, 2017.
- [118] K. Ogden. „Practical experiences of hygiene control using ATP-bioluminescence“. In: *Journal of the Institute of Brewing* 99.5 (1993), S. 389–393.
- [119] G. Tebbutt, V. Bell und J. Aislabie. „Verification of cleaning efficiency and its possible role in programmed hygiene inspections of food businesses undertaken by local authority officers“. In: *Journal of applied microbiology* 102.4 (2007), S. 1010–1017.
- [120] Hasan Aycicek, Utku Oguz und Koray Karci. „Comparison of results of ATP bioluminescence and traditional hygiene swabbing methods for the determination of surface cleanliness at a hospital kitchen“. In: *International journal of hygiene and environmental health* 209.2 (2006), S. 203–206.
- [121] Maritza B. Leon und Julie A. Albrecht. „Comparison of adenosine triphosphate (ATP) bioluminescence and aerobic plate counts (APC) on plastic cutting boards“. In: *Journal of Foodservice* 18.4 (2007), S. 145–152.
- [122] Fur-Chi Chen und Sandria L. Godwin. „Comparison of a rapid ATP bioluminescence assay and standard plate count methods for assessing microbial contamination of consumers' refrigerators“. In: *Journal of food protection* 69.10 (2006), S. 2534–2538.
- [123] C. Willis u. a. „Evaluation of ATP bioluminescence swabbing as a monitoring and training tool for effective hospital cleaning“. In: *British Journal of Infection Control* 8.5 (2007), S. 17–21.
- [124] J.A. Pouli u. a. „Assessment of cleaning and disinfection in the food industry with the rapid ATP-bioluminescence technique combined with the tissue fluid contamination test and a conventional microbiological method“. In: *International journal of food microbiology* 20.2 (1993), S. 109–116.
- [125] Tiziana Sanna u. a. „ATP bioluminescence assay for evaluating cleaning practices in operating theatres: applicability and limitations“. In: *BMC infectious diseases* 18.1 (2018), S. 583.
- [126] Michaela Trautsch. „Eignung eines neuen Schnelltests zur Prüfung der Oberflächenreinheit im Rahmen betrieblicher Eigenkontrollen in Lebensmittelbetrieben“. Diss. LMU, München, 2003.
- [127] Gilbert Shama und Danish J. Malik. „The uses and abuses of rapid bioluminescence-based ATP assays“. In: *International journal of hygiene and environmental health* 216.2 (2013), S. 115–125.

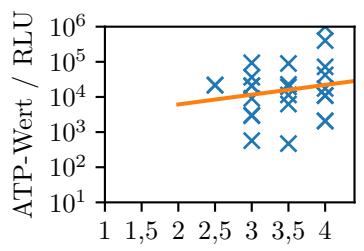
- [128] M. Bülte und G. Reuter. „The bioluminescence technique as a rapid method for the determination of the microflora of meat“. In: *International Journal of Food Microbiology* 2.6 (1985), S. 371–381.
- [129] *LuciPacTM Pen Instruction Manual*. kikkoman. 2011.
- [130] *Orion Clean Card[®] PRO Bedienungsanleitung*. amfora health care.
- [131] Jerrold H. Zar. *Biostatistical analysis: Pearson new international edition*. Pearson Higher Ed, 2013.
- [132] Karen Mattick u. a. „The survival of foodborne pathogens during domestic washing-up and subsequent transfer onto washing-up sponges, kitchen surfaces and food“. In: *International journal of food microbiology* 85.3 (2003), S. 213–226.
- [133] E. Ståhl Wernersson, E. Johansson und H. Håkanson. „Cross-contamination in dishwashers“. In: *Journal of Hospital Infection* 56.4 (2004), S. 312–317.
- [134] Y. Yoon u. a. „Microbial assessment in school foodservices and recommendations for food safety improvement“. In: *Journal of food science* 73.6 (2008), S. M304–M313.
- [135] P. Zhao u. a. „Development of a model for evaluation of microbial cross-contamination in the kitchen“. In: *Journal of food protection* 61.8 (1998), S. 960–963.
- [136] Kaja Lisa Kokott. „Untersuchung zum Hygienestatus von Schulen bei der Durchführung von Schulverpflegung“. Diss. Ludwig-Maximilians-Universität, München, 2012.
- [137] Maria Christiane Becker. „Untersuchungen zur mikrobiologischen Beschaffenheit von Lebensmitteln und zur Umfeldhygiene im Küchenbereich von Kindertageseinrichtungen“. Diss. Ludwig-Maximilians-Universität, München, 2011.
- [138] Rebecca Montville, Yuhuan Chen und Donald W. Schaffner. „Risk assessment of hand washing efficacy using literature and experimental data“. In: *International journal of food microbiology* 73.2-3 (2002), S. 305–313.
- [139] Heike Reichelt. „Bedeutung von Schnelltestmethoden im Rahmen der Lebensmittelkontrolle - eine Übersicht“. Diss. Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Leipzig, 2007.

Anhang

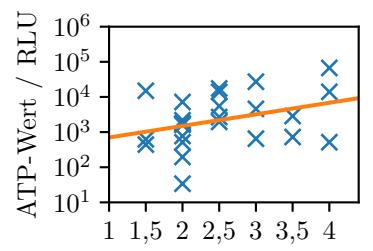
Anhang A

Ergebnisse der statistischen Auswertungen

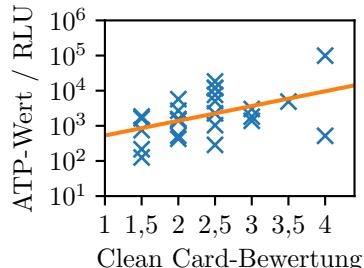
A.1 Korrelation der ATP- und Clean Card® PRO-Messungen an einzelnen Oberflächen



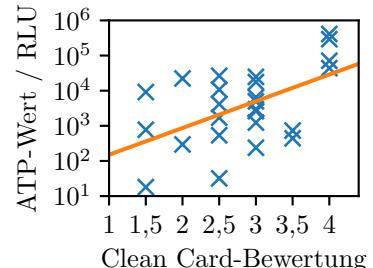
(a) Arbeitsfläche



(b) Schneidebrett



(c) Messer



(d) Spüleinrichtung

Abbildung A.1: Streudiagramm mit Regressionsgerade der ATP- und Clean Card® PRO-Messungen an einzelnen Oberflächen

Anhang B

Ergebnisse der Betriebskontrollen

B.1 Checkliste zur Probenahme

Kontrollierter Betrieb:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: E:			<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: E:			<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: E:			<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: E:			<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: E:			<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Auswerteschema Clean Card®PRO:

1 = grüner Smiley

2 = gelber Smiley

3 = orangefarbener Smiley

4 = roter Smiley

KbE: Koloniebildende Einheiten

RLU: Relative Light Units

LOD: limit of detection, „unter Nachweisgrenze“ (= 10 KbE/Tupfer)

G: Gesamtkeimzahl

E: Enterobakterien

B.2 Ergebnisse der kontrollierten Betriebe

Betrieb 1:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 500 E: < LOD	20735	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 200 E: < LOD	2682	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 600 E: < LOD	4898	3,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: < LOD E: < LOD	4983	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> Geschirrspüler <input checked="" type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Betrieb 2:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 5200 E: 100	402484	4,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 400 E: < LOD	2175	2,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: < LOD E: < LOD	11739	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 11300 E: 100	24709	3,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> Geschirrspüler <input checked="" type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Betrieb 3:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: < LOD E: < LOD	93590	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: < LOD E: < LOD	14985	1,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: < LOD E: < LOD	1847	1,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 400000 E: < LOD	26494	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: < LOD E: < LOD	1376	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	

Betrieb 4:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 4976000 E: < LOD	20821	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 3055000 E: < LOD	621	1,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 5819000 E: < LOD	1630	1,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 672200000 E: 100000	71094	4,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> Geschirrspüler <input checked="" type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Betrieb 5:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 6893000 E: < LOD	19355	3,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 3704000 E: < LOD	441	1,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 2162000 E: < LOD	215	1,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 9060000 E: < LOD	774	1,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> Geschirrspüler <input checked="" type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: 617800 E: < LOD	293	1,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	

Betrieb 6:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 2000000 E: < LOD	21700	2,5	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 5600000 E: 100000	725	3,5	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 1900000 E: < LOD	126	1,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 900000 E: < LOD	441	3,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Betrieb 7:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 6200000 E: < LOD	11407	3,5	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 7200000 E: < LOD	1778	2,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 5700000 E: < LOD	2257	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 3100000 E: < LOD	1703	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Betrieb 8:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 9600000 E: < LOD	6287	3,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 2783000 E: < LOD	1612	2,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 2700000 E: < LOD	1419	2,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 3300000 E: < LOD	18	1,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Betrieb 9:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 10780000 E: < LOD	89668	3,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 19300000 E: < LOD	513	2,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 6711000 E: < LOD	1042	2,5	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 3900000 E: < LOD	10732	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Betrieb 10:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 6192000 E: < LOD	22819	3,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 7208000 E: < LOD	13934	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 710600 E: < LOD	18323	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 3300000 E: < LOD	6466	3,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: 1624000 E: < LOD	1655	2,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	

Betrieb 11:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 101500 E: < LOD	21784	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 2335000 E: < LOD	5500	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 4974000 E: < LOD	5050	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 18170000 E: < LOD	295	2,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Betrieb 12:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 6152000 E: < LOD	2086	4,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 907600 E: < LOD	34	2,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 201700 E: < LOD	521	2,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: < LOD E: < LOD	538	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Betrieb 13:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 302500 E: < LOD	36334	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 4437000 E: < LOD	13976	4,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 3126000 E: < LOD	5743	2,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 48020000000 E: 2017000	410438	4,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> Geschirrspüler <input checked="" type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Betrieb 14:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 3800000 E: < LOD	2062	4,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: < LOD E: < LOD	196	2,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 1500000 E: < LOD	1389	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 900000 E: < LOD	732	3,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Betrieb 15:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 46730000 E: < LOD	71967	4,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: < LOD E: < LOD	2860	3,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 213300000 E: < LOD	99218	4,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 200000000 E: < LOD	292149	4,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> Geschirrspüler <input checked="" type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: 300000 E: < LOD	1270	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	

Betrieb 16:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 2100000 E: < LOD	9092	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 700000 E: < LOD	27183	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 1200000 E: < LOD	1567	2,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: < LOD E: < LOD	1235	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Betrieb 17:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 150 E: < LOD	11013	4,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 50 E: < LOD	7187	2,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: < LOD E: < LOD	520	4,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 130 E: < LOD	17620	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: < LOD E: < LOD	12213	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	

Betrieb 18:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: < LOD E: < LOD	999999	4,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: < LOD E: < LOD	17484	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: < LOD E: < LOD	12088	2,5	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: < LOD E: < LOD	4157	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Betrieb 19:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 200000 E: < LOD	571	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: < LOD E: < LOD	1959	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 200000 E: < LOD	287	2,5	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 400000 E: < LOD	22282	2,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: < LOD E: < LOD	363	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	

Betrieb 20:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: < LOD E: < LOD	3052	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 22200000 E: 100000	1705	2,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 5700000 E: < LOD	3009	3,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 2900000 E: < LOD	2961	3,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Betrieb 21:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 4800000000 E: < LOD	42429	4,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 11600000 E: < LOD	66963	4,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 200000 E: < LOD	7608	2,5	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 12900000 E: < LOD	2615	3,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: 400000 E: < LOD	1215	2,5	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	

Betrieb 22:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 9800000 E: < LOD	10911	4,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 500000 E: < LOD	649	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 300000 E: < LOD	1823	3,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 100000 E: < LOD	43780	4,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: 1800000 E: < LOD	274	4,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	

Betrieb 23:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 16100000 E: < LOD	17447	4,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 700000 E: < LOD	4578	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 400000 E: < LOD	754	1,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: < LOD E: < LOD	32	2,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Betrieb 24:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: 300000 E: < LOD	2920	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 2500000 E: < LOD	771	2,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 600000 E: < LOD	427	2,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 1000000 E: < LOD	238	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: < LOD E: < LOD	1318	3,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	

Betrieb 25:

Gereinigter Bedarfsgegenstand	Tupferprobe (KbE/Tupfer)	ATP-Messung (RLU)	Clean Card PRO	optisch sauber	Bemerkung
Arbeitsfläche	G: < LOD E: < LOD	470	3,5	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Schneidebrett	G: 1700000 E: < LOD	515	4,0	<input checked="" type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Messer	G: 200000 E: < LOD	2700	2,0	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Spüleinrichtung	G: 1300000 E: < LOD	9135	1,5	<input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Geschirrspüler <input type="checkbox"/> Handbrause
Teller	G: - E: -	-	-	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> keine Abgabe an Kunden

Anhang C

Checkliste Hygienekontrolle

Kontrollierter Betrieb:

Personalhygiene

1. Personalamkleiden

Es sind Umkleiden für Küchenpersonal vorhanden	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Die Umkleideräume sind geeignet und leicht zu reinigen	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Böden/Wände/Decken/Fenster/Türen befinden sich in gutem Reinigungszustand	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Böden/Wände/Decken/Fenster/Türen sind ausreichend instand gehalten	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Eine geeignete Schwarz-Weiß-Trennung ist im Umkleidebereich vorhanden	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein

2. Personaltoiletten

Toiletten für Küchenpersonal sind vorhanden/ausgewiesen	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Die Toiletten öffnen nicht unmittelbar in Produktionsräume	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Böden/Wände/Decken/Fenster/Türen befinden sich in gutem Reinigungszustand	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Böden/Wände/Decken/Fenster/Türen sind ausreichend instand gehalten	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
WC-Bereich mit funktionstüchtigen und ausreichend ausgestatteten Handwaschbecken	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein

3. Schutzkleidung

Es wird eine ausreichende Kopfbedeckung getragen	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Die Schutzkleidung wird in angemessenen Intervallen gewechselt	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Die Schutzkleidung wird erst im Betrieb angezogen	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein

4. Händehygiene

Geeignete Anweisungen bei Handwaschbecken sind vorhanden	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
--	-----------------------------	-------------------------------

Reinigung und Desinfektion (R&D)		
Durchführung eigenbetrieblich	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Durch externe Reinigungsfirma	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
R&D-Mittel werden separat gelagert	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Reinigungskonzept ist vorhanden (Reihenfolge, Utensilien, Mittel)	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
R&D-Plan ist vorhanden (Art, Umfang, Häufigkeit, Zuständigkeit)	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Spezifikationen für R&D-Mittel sind vorhanden/bekannt	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Durchgeführte Reinigungen werden dokumentiert (Checklisten)	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Reinigungserfolg wird kontrolliert:		
optisch	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
mikrobiologisch	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Bei festgestellten Reinigungsmängeln werden wirksame Gegenmaßnahmen ergriffen	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein

HACCP-Konzept im Rahmen des Eigenkontrollsyste		
Eine Gefahrenanalyse liegt vor	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Betrieb verfügt über ein HACCP-Konzept	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Betrieb verwendet Leitlinien	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Die CCPs sind richtig bestimmt	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Es wurden Grenzwerte festgelegt	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Die Korrekturmaßnahmen sind sinnvoll	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. Erwin Märtlbauer für die Überlassung des Themas sowie für die fachliche Betreuung und Unterstützung bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Beim Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit bedanke ich mich für die Überlassung des Themas und für die freundliche Aufnahme.

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau Dr. Ute Messelhäußer und Frau Dr. Susanne Bugan für die fachkundige und freundliche Betreuung und stets zügige Durchsicht meiner Arbeit.

Außerdem möchte ich allen Kollegen und Kolleginnen des Sachgebiets PL 3 und des mikrobiologischen Labors für die Hilfsbereitschaft und Unterstützung danken.

Des Weiteren gilt mein besonderer Dank Herrn Dr. Sven Reese für die statistische Beratung.

Meiner ganzen Familie danke ich für die unermüdliche Unterstützung während der Fertigstellung dieser Arbeit.

Hier gilt ein besonderer Dank meinem Mann, der mich immer unterstützt hat und dafür gesorgt hat, dass meine Motivation, sollte sie mal etwas vom Weg abgekommen sein, immer wieder den Weg zurück fand. Meinen Kindern möchte ich danken, dass ich auch mal keine Zeit haben durfte an dieser Doktorarbeit zu schreiben. Meiner Mutter danke ich für ihr bedingungsloses Vertrauen in mich, schon während des Studiums und auch jetzt bei Anfertigung dieser Arbeit.