

## 2 LITERATUR

### 2.1 Hackfleisch

#### 2.1.1 Rechtliche Grundlagen

Nach wie vor gelten in Deutschland für das Herstellen und Inverkehrbringen von Hackfleisch zwei verschiedene Rechtsgrundlagen. Hierzu gehört auf der einen Seite die Verordnung über die hygienischen Anforderungen und amtlichen Untersuchungen beim Verkehr mit Fleisch (Fleischhygiene-Verordnung, FIHV), in der Fassung vom 29. Juni 2001, nach der sich sämtliche EU-zugelassene Betriebe richten müssen. Demgegenüber steht die Verordnung über Hackfleisch, Schabefleisch und anderes zerkleinertes rohes Fleisch (Hackfleisch-Verordnung, HFIV) vom 10. Mai 1976, welche die rechtliche Grundlage für den Einzelhandel darstellt. Fleischereien und auch Fleischabteilungen von Supermärkten, in denen Hackfleisch selbst, also handwerklich, hergestellt wird, müssen die darin niedergelegten Anforderungen einhalten. Hierzu gehören u.a. eine strikte Kühlung bei 4 °C, mit Ausnahme einer zur alsbaldigen Abgabe an den Verbraucher bestimmten Menge, die im Verkaufsraum auch bei 7 °C aufbewahrt werden kann. Das Hackfleisch darf nur am Tage der Herstellung in den Verkehr gebracht werden. Die Reinigung der Geräte hat täglich mindestens mittags und abends zu erfolgen. Die Herstellung muss unter der Aufsicht einer in dem Betrieb hauptberuflich tätigen sachkundigen Person erfolgen. Mikrobiologische Prüfpläne mit zugehörigen Entscheidungsregeln sind in dieser Verordnung nicht vorgesehen.

In EU-zugelassenen Betrieben darf Hackfleisch nur unter Einhaltung der in der Fleischhygiene-Verordnung festgelegten Bedingungen hergestellt werden, die wesentlich strengere Hygieneanforderungen beinhaltet. Lagerung und Beförderung haben bei 2 °C zu erfolgen. Die verwendeten Geräte müssen ständig sauber sein und sind vor ihrer Wiederverwendung, bei Verunreinigung sowie am Ende jeden Arbeitstages zu reinigen. Das Personal hat Mund- und Nasenmasken sowie glatte, wasserundurchlässige Einweghandschuhe zu tragen. Desweiteren sind besondere Forderungen an Raumausstattung sowie betriebseigene Überwachungsmaßnahmen vorgeschrieben. Letztere erfolgen mittels mikrobiologischer Stufenkontrolle, um die Wirksamkeit der Reinigung und Desinfektion sowie die Einhaltung der mikrobiologischen Kriterien zu überwachen. Für das Inverkehrbringen wird allerdings, im Gegensatz zur Hackfleisch-Verordnung, keine Zeitbegrenzung genannt, und somit fehlt eine limitierende Temperatur-Zeit-Kombination als Regulativ.

Jede zu beurteilende Hackfleischpartie muss aus fünf für die Tagesproduktion repräsentativen Einzelproben bestehen ( $n = 5$ ). Für die Bewertung ist entscheidend, ob diese Einzelproben die in Tab. 1 aufgeführten mikrobiologischen Kriterien erfüllen. Die Keimzahl „m“ stellt den Richtwert dar, bis zu dem alle Ergebnisse als „zufriedenstellend“ anzusehen sind. Bei einer Keimzählung in festen Medien gilt die Hackfleischpartie als „zufriedenstellend“, wenn alle fünf Einzelproben das Dreifache des Richtwertes „m“ nicht überschreiten (methodische Toleranz). Werden für die Untersuchung flüssige Kulturmedien verwendet, liegt eine Richtwertüberschreitung erst vor, wenn der Tabellenwert für „m“ um das Zehnfache überschritten wird. Neben dem Richtwert gibt es den Grenzwert „M“, der von keiner der fünf Proben überschritten werden darf, ansonsten wird die gesamte Partie als „nicht zufriedenstellend“ eingestuft. Bei einer Keimzählung in festen Medien errechnet sich „M“ aus  $10 \cdot m$ , bei der Verwendung flüssiger Medien aus  $30 \cdot m$ . Der Wert „c“ gibt die Anzahl der Proben einer Partie an, die Werte zwischen „m“ und „M“ aufweisen dürfen und entspricht der sogenannten „Annahmezahl“ aus der Prüfstatistik. Die Partie gilt als „annehmbar“, wenn der für „c“ vorgegebene Wert eingehalten wird bzw. als „nicht zufriedenstellend“, falls dieser Wert überschritten wird. Die Hackfleischpartie ist als „gesundheitlich bedenklich“ oder „verdorben“ einzustufen, sofern ein Keimgehalt von  $10^3 \cdot m$  erreicht wird.

**Tab. 1: Mikrobiologische Kriterien für Hackfleisch gemäß Fleischhygiene-Verordnung**

Keimart/Keimgruppe	n	c	m	M
Aerober Keimgehalt (+30 °C)	5	2	$5 \times 10^5/\text{g}$	$5 \times 10^6/\text{g}$
Kolibakterien	5	2	50/g	$5 \times 10^2/\text{g}$
Salmonellen	5	0	nicht feststellbar in 10 g	
Koagulase-positive Staphylokokken	5	2	$10^2/\text{g}$	$5 \times 10^3/\text{g}$

### 2.1.2 Definition

§ 2 Nr. 7b der Fleischhygiene-Verordnung definiert den Begriff „Hackfleisch“ folgendermaßen: „frisches Fleisch, das durch einen Fleischwolf gedreht oder durch Hacken oder auf andere Weise fein zerkleinert wurde und dem nicht mehr als 1 % Kochsalz (NaCl) zugefügt worden ist“. Es darf nur aus frischem Fleisch von Rindern, Schweinen, Schafen und Ziegen, die als Haustiere gehalten werden, hergestellt werden (§ 10a; Abs. 4).

§ 1 der Hackfleisch-Verordnung ordnet Hackfleisch den Erzeugnissen aus zerkleinertem Fleisch von geschlachteten oder erlegten warmblütigen Tieren zu, sofern es sich ganz oder teilweise in rohem Zustand befindet.

Gemäß Leitsatz-Nr. 2.507.2.2 der Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse des Deutschen Lebensmittelbuches ist Schweinehackfleisch vielfach zum Rohverzehr bestimmt und enthält keine weiteren Zutaten. Bei "zubereitetem" Schweinehackfleisch (Hackepeter, Thüringer Mett) werden nur Salz, Zwiebeln und Gewürze verwendet.

### 2.1.3 Mikrobiologie

Dass die Zerkleinerung des Fleisches einen haltbarkeitsvermindernden Faktor darstellt, bewiesen bereits HESS und LOTT (1965). Ebenso entscheidend für die Stabilität von Frischfleisch sind aber auch die Art und Menge des Anfangskeimgehaltes und die Lagertemperatur. Aufgrund ihrer Ergebnisse kamen die beiden Autoren zu der zwingenden Schlussfolgerung, dass Hackfleisch im nicht gefrorenen Zustand zur Lagerung nicht geeignet sei und es folglich am Tage der Herstellung in den Verkehr gebracht werden muss. Gerade psychrotolerante Keime, die bereits dem gekühltem Ausgangsmaterial anhaften und schon an Kälte und Fleisch adaptiert sind, beginnen bereits nach einer kurzen Latenzphase mit der Vermehrung und führen so zum Verderb von kühl gelagertem Hackfleisch.

Über den Einfluss von Betriebshygiene und Ausgangsmaterial auf den mikrobiologischen Status von Hackfleisch arbeiteten TEUFEL et al. (1982). Sie verglichen die Keimflora von Fleischzuschnitten, die für die Hackfleischherstellung von einer Zentralfleischerei an die Filialen geliefert wurden und aus dem die Untersucher unter Laborbedingungen Hackfleisch selbst herstellten, mit der Keimflora von Gehacktem, welches sie in einer der Filialen kauften. Dabei stellten sie fest, dass zwischen dem mikrobiologischen Profil der Fleischzuschnitte und dem des selbst produzierten Hackfleisches keine Differenzen bestanden. So ermittelten die Autoren für die Fleischzuschnitte aerobe Gesamtkeimgehalte sowie Pseudomonadengehalte von  $10^4$  bis  $10^7$  KbE/g und für das daraus selbst hergestellte Hackfleisch von  $10^5$  bis  $10^7$  KbE/g. Enterobakteriazen konnten sie in beiden Gruppen bis zu einer Menge von  $10^5$  KbE/g feststellen und die Maximalwerte für E. coli lagen im Bereich von  $10^3$  KbE/g. Demgegenüber ergab der Vergleich von selbst hergestelltem und gekauftem Hackfleisch deutliche Unterschiede im mikrobiologischen Status, denn die Mittelwerte aller Keimgruppen lagen bei den Handelsproben bis zu zwei Zehnerpotenzen über denen des Ausgangsmaterials. Die

Spannweiten reichten für die aerobe GKZ sowie für die Pseudomonaden von  $10^7$  bis  $10^9$  KbE/g und für die Enterobakteriazeen von  $10^4$  bis  $10^7$  KbE/g. Für E. coli konnten die Verfasser einen Maximalwert von  $10^5$  KbE/g ermitteln. Da bei einer Keimvermehrung im Hackfleisch ab  $10^7$  bis  $10^8$  KbE/g sensorische Veränderungen auftreten (INGRAM und DAINTY, 1977), Verderb aber bei den untersuchten Proben nicht feststellbar war, vermuteten TEUFEL et al. (1982), dass nicht die Vermehrung der Bakterien im Hackfleisch zu den hohen Keimzahlen führte, sondern vielmehr eine starke bakterielle Kontamination vor oder während der Herstellung stattgefunden haben musste. Als eine mögliche Ursache sahen die Autoren die Verwendung von Fleischabschnitten aus der Frischfleischabteilung an, die von der Zentralfleischerei nicht für die Hackfleischherstellung vorgesehen waren und in der Fleischabteilung bereits zahlreichen Kontaminationsmöglichkeiten (Handkontakt, Zurichtetisch, Messer, Fleischwolf usw.) ausgesetzt waren.

SCHELLHAAS (1982) ermittelte in sensorisch einwandfreien Hackfleischproben aus Fleischereien und Supermärkten aerobe Gesamtkeimzahlen zwischen  $10^4$  und  $10^8$  KbE/g, wobei der überwiegende Teil Keimdichten von  $10^6$  und mehr aufwies. Diese Ergebnisse wurden von SCHNEIDERHAN et al. (1985) bestätigt. Zwei der von ihnen untersuchten Proben mit deutlichen sensorischen Abweichungen sollen sogar  $10^{11}$  KbE/g enthalten haben. KARCHES und TEUFEL (1988) fanden in Hackfleischproben aus dem Lebensmittel-einzelhandel Gesamtkeimzahlen von  $2,9 \times 10^5$  bis  $4,9 \times 10^7$  KbE/g. Deutlich geringere Zahlen fanden sich bei Studien an Hackfleisch aus EU-zugelassenen Betrieben. So konnten KLEIN et al. (1998) nur zwischen  $2,7 \times 10^3$  und  $9,3 \times 10^6$  KbE/g feststellen. SCHALCH et al. (1996) errechneten aus ihren Resultaten ein arithmetisches Mittel von  $\log 4,73$  KbE/g, KÖPKE und REUTER (1995) eines von  $\log 5,33$  KbE/g sowie KLEIN und LOUWERS (1994) einen Mittelwert von  $\log 5,29$  KbE/g. Letztere wiesen auch darauf hin, dass es bei einer Kühllagerung von 2-4 °C erst ab dem 3. Tag zu einer Erhöhung der Keimzahl kam. Trotzdem empfahlen sie einen schnellstmöglichen Verzehr des Hackfleisches, weil die Aufbewahrung beim Verbraucher üblicherweise nur bei 7 °C und nicht bei 4 °C stattfindet. GERHARDT und HILDEBRANDT (2000) gaben zu bedenken, dass der derzeit geforderte Untersuchungsaufwand bei industriell hergestelltem Hackfleisch in keinem vertretbaren Verhältnis zu den dadurch erlangten Informationen stünde und schlugen zur Aufwandsminimierung die Untersuchung einer Sammelprobe statt 5 Einzelproben vor, vorausgesetzt in den letzten 11 Produktionstagen seien maximal zwei „nicht zufriedenstellende“ GKZ-Werte aufgetreten. Bei 10 von 131 untersuchten Hackfleischchargen (7,6 %) eines Herstellers stellten sie eine Überschreitung des Grenzwertes M ( $5,0 \times 10^6$ /g) fest, wobei hier gleichzeitig immer

mindestens 3 der 5 Einzelproben über dem Richtwert 3 m ( $1,5 \times 10^6$ /g) lagen. Für einen 2. Hersteller ergab sich ein völlig anderes Bild. Hier kamen die meisten Ablehnungen (21 von 319 untersuchten Chargen: 6,6 %) durch die alleinige Überschreitung des Grenzwertes M zustande. In weiteren 17 Chargen (5,3 %) wurden aerobe Gesamtkeimzahlen oberhalb des Grenzwertes M ermittelt und zusätzlich enthielten mindestens 3 der 5 Einzelproben einen Keimgehalt von über  $1,5 \times 10^6$ /g.

Enterobakteriazeen wurden in Hackfleisch aus Fleischereien und Supermärkten durch verschiedene Arbeitsgruppen im Bereich von  $< 10^2$  bis  $10^6$ ,  $10^7$  bzw.  $10^8$  KbE/g nachgewiesen, wobei meist zwischen  $10^3$  und  $10^5$  KbE/g vorlagen (SCHMIDT, 1988; SCHNEIDERHAN et al., 1985; SCHELLHAAS, 1982). SCHMIDT (1988) stellte bei seinen Untersuchungen fest, dass Hackfleisch aus Metzgereien geringere Enterobakteriazeenzahlen aufwies und darüber hinaus nicht so oft mit Salmonellen kontaminiert war, wie Hackfleisch aus Supermärkten. KÖPKE und REUTER (1995) errechneten für EU-Hackfleisch einen Mittelwert der Enterobakteriazeen von  $\log 2,72$  KbE/g. SCHALCH et al. (1996) untersuchten gemäß der Hackfleisch-Richtlinie 94/65/EG nur auf E. coli und fanden eine durchschnittliche Belastung von  $\log 1,24$  KbE/g. Lediglich 1,4 % der Proben lagen über den von der Richtlinie festgelegten Grenzwert M von  $\log 2,70$  KbE/g. KLEIN und LOUWERS (1994) ermittelten einen Mittelwert von  $\log 0,83$  KbE/g.

Die Nachweisrate von Salmonellen als wichtigsten Vertreter der Enterobakteriazeen in Hackfleisch pendelte sich in den letzten 20 Jahren auf einen prozentualen Anteil von unter 10 % ein. So wiesen z.B. KLEINLEIN et al. (1989) nur in 2 % der Proben aus Metzgereien Salmonellen nach. Bei SCHMIDT (1988) lag die Rate bei Proben aus Fleischereien und Supermärkten bei 5,3 %. ZIMMERMANN und SCHULZE (1986) untersuchten ebenfalls sowohl Proben aus handwerklichen Fleischereien als auch aus Supermärkten und fanden in 4,8 % der untersuchten Proben Salmonellen. Bei SCHELLHAAS (1982) zeigten sich 5 Jahre vorher 5,4 % der Planproben als Salmonella-positiv. Demgegenüber stehen die extrem hohen Nachweisraten von PIETZSCH und KAWERAU (1984) mit 45,2 % bei Proben aus Berliner Geschäften und von HATTENDORF und BÜLTE (1996) bei Einzelhandelsproben mit 36 % bei einer Einwaage von 25 g Probenmaterial bzw. 23,8 % bei 10 g Untersuchungsmaterial. Letztere überprüften den Einfluss der Probenmenge auf den Nachweis von Salmonellen, da mit dem Inkrafttreten der EU-Richtlinie 94/65/EG das zu untersuchende Aliquot von 25 g auf 10 g reduziert wurde. Sie kamen zu der Schlussfolgerung, diese Reduzierung sei sowohl aus wissenschaftlicher Sicht als auch aus Gründen des Verbraucherschutzes abzulehnen.

SCHALCH et al. (1996) sowie HILDEBRANDT und BÖHMER (1996), die sich ebenfalls mit der Problematik der geänderten Rechtsvorschriften der Hackfleischuntersuchung beschäftigten, kritisierten, dass durch dieses Vorgehen anscheinend eine Minimierung der Beanstandungsquote angestrebt werden soll. SCHALCH et al. (1996) konnten, bei einer zu untersuchenden Probenmenge von 25 g, allerdings nur 0,5 % Salmonella-positive Proben aus industrieller Herstellung ermitteln. GROßKLAUS et al. (1999) analysierten 300 Schweinehackfleischproben des Handels aus 3 Berliner Filialbetrieben und wiesen in 11,3 % Salmonellen nach. Als eine mögliche Ursache für derartige Diskrepanzen in der Nachweishäufigkeit vermuteten die Autoren eine ungleichmäßige Verteilung der Salmonellen im Substrat („Nesterbildung“). Sie bestätigten durch ihre Untersuchungen weiterhin die Erfahrung, dass die Gesamtkeimzahl und die Enterobakteriaseenzahl mit dem Vorkommen von Salmonellen nicht korrelieren.

In Hackfleischproben des Einzelhandels wies SCHELLHAAS (1982) Laktobazillen über einen Bereich von  $< 10^2$  bis  $10^8$  KbE/g nach, SCHNEIDERHAN et al. (1985) fanden sogar bis  $10^{10}$ . In beiden Erhebungen enthielten die meisten Proben zwischen  $10^4$  und  $10^7$  KbE/g. SCHMIDT (1988) ermittelte in Hackfleischproben aus Metzgereien und Supermärkten Milchsäurebildnergehalte zwischen  $10^3$  bis  $10^7$  KbE/g. Dagegen fanden KÖPKE und REUTER (1995) in EU-Hackfleisch nur eine durchschnittliche Belastung mit Laktobazillen von  $\log 2,57$  KbE/g.

Der überwiegende Teil der Proben aus Fleischereien und Supermärkten, in denen SCHELLHAAS (1982) sowie SCHNEIDERHAN et al. (1985) Pseudomonaden nachzuweisen vermochten, enthielt diese Keime in einer Menge von  $10^4$  bis  $10^7$  KbE/g. In Hackfleisch aus EU-zugelassenen Betrieben stellten KÖPKE und REUTER (1995) Pseudomonaden mit einem Mittelwert von  $\log 4,78$  KbE/g fest.

Enterokokken wiesen SCHNEIDERHAN et al. (1985) in nur etwa 13 % der Proben nach, wobei die meisten positiven Proben  $10^3$  KbE/g enthielten. SCHELLHAAS (1982) fand dagegen in nahezu der Hälfte des untersuchten Materials Enterokokken und zwar meist in einem Bereich zwischen  $10^2$  und  $10^3$  KbE/g. KLEIN et al. (1998) ermittelten in EU-Hackfleisch Enterokokken in einer Größenordnung von  $0,5 \times 10^1$  und  $7,1 \times 10^2$  KbE/g. Vancomycinresistente Enterokokken (VRE) konnten KLEIN et al. (1998) durch ein Direktverfahren in 3 von 555 Proben (0,5 %) nachweisen und zwar mit einer Keimzahl von 10 KbE/g bzw. mittels Anreicherungsverfahren in 8 % der Proben. PETERS et. al. (2002) fanden bei

ihren Untersuchungen an Enterokokkenstämmen, die sie aus Lebensmittelproben isoliert hatten – u.a. auch aus Hackfleisch – keine Resistenzen gegen Vancomycin.

Desweiteren isolierte SCHELLHAAS (1982) in Hackfleischproben aus Fleischereien und Supermärkten zwischen  $10^2$  und  $10^4$  koagulase-positive Staphylokokken, sowie zwischen  $10^3$  und  $10^6$  Hefen. Allerdings lag der überwiegende Anteil der Proben (82 % und mehr) jeweils unterhalb der Nachweisgrenze von  $10^2$  KbE/g. Dagegen fand der Autor in nahezu allen Proben (96 %) Mikrokokken. Hier kumulierten die meisten Resultate zwischen  $10^4$  und  $10^5$  KbE/g. Ganz anders sah die Situation bei der Studie von SCHNEIDERHAN et al. (1985) aus. Es ließen sich nur in 39 % der untersuchten Hackfleischproben aus Fleischereien und Supermärkten Mikrokokken nachweisen. Die meisten Proben enthielten zwischen  $10^3$  und  $10^4$  KbE/g. SCHALCH et. al. (1996) konnten im industriell hergestellten Hackfleisch eine durchschnittliche Belastung mit koagulase-positiven Staphylokokken von  $\log 1,47$  KbE/g nachweisen. 3,8 % der Proben lagen über dem Grenzwert M. KLEIN und LOUWERS (1994) ermittelten für *Staph. aureus* einen Mittelwert von  $\log 1,04$  KbE/g.

Nicht anders als bei den Salmonellen finden sich auch bei Listerien bzw. Listeria monocytogenes stark schwankende Nachweisraten. BREUER und PRÄNDEL (1988) wiesen in 65 % der untersuchten Hackfleischproben aus dem Handel Listerien nach. Bei 81 % dieser positiven Proben ermittelten sie mittels MPN-Technik eine Anzahl zwischen 0 und 110/g. Die Kontaminationsrate für *Listeria monocytogenes* betrug 36 %. Ähnliche Ergebnisse erbrachten Erhebungen von WEIS (1989) mit 66 % Listerien positiver Schweinehackfleischproben, hergestellt in Fleischereien und Supermärkten, darunter absolut 40 % *Listeria monocytogenes*. Dabei stellte der Autor fest, dass die Proben aus kleineren Metzgereien weniger kontaminiert waren als die der Supermärkte. KARCHES und TEUFEL (1988) ermittelten ebenfalls 40 % *Listeria monocytogenes* positive Proben aus Betrieben des Einzelhandels. Der Anteil listerienhaltiger Proben lag allerdings mit 76 % etwas höher als in der zuvor zitierten Studie. Wesentlich höhere Nachweisraten erzielten dagegen SCHMIDT et al. (1988). Sie fanden in sämtlichen untersuchten 30 Schweinehackproben aus dem Handel Listerien, wobei *Listeria monocytogenes* mit 80 % positiver Proben am häufigsten isoliert wurde. Demgegenüber stehen die Untersuchungsergebnisse von KLEINLEIN et al. (1989). Ihnen gelang in nur 17,8 % der Hackfleischproben aus Metzgereien der Nachweis des Erregers.

## 2.2 Frische Zwiebelmettwurst

### 2.2.1 Rechtliche Grundlagen

Gemäß § 1 Abs. 3 Nr. 2 der Hackfleisch-Verordnung gelten als nicht mehr roh im Sinne dieser Verordnung und somit von ihr ausgeschlossen, Erzeugnisse, die einem abgeschlossenen Pökungsverfahren mit Umrötung, auch in Verbindung mit Trocknung oder Räucherung, bei Rohwurstherzeugnissen mit Fermentation (Reifung), unterworfen worden sind.

Eine andere Regelung enthält § 2 Nr. 7 der Fleischhygiene-Verordnung. Als Fleischerzeugnis und damit nicht zum Hackfleisch gehörig gilt frische Zwiebelmettwurst – wie andere Fleischerzeugnisse – nur dann, wenn im Kern keine Merkmale von frischem Fleisch mehr vorhanden sind. Eine Kältebehandlung oder ein hoher Zerkleinerungsgrad reichen hierfür nicht aus.

Art. 2 Buchstabe j der Richtlinie 77/99 EWG beschreibt, was unter dem Begriff „Reifung“ zu verstehen ist: „Haltbarmachung von rohem gesalzenem Fleisch unter klimatischen Bedingungen, die dazu geeignet sind, im Verlauf einer langsamen und schrittweisen Verringerung des Feuchtigkeitsgehalts das Entstehen natürlicher Gärungsprozesse bzw. enzymatischer Prozesse hervorzurufen, die aufgrund damit verbundener allmählicher Veränderungen dem Erzeugnis typische organoleptische Merkmale verleihen und seine Haltbarkeit und Genussstauglichkeit bei normalen Umgebungstemperaturen gewährleisten.“

Laut Leitsatz-Nr. 2.21 der Leitsätze für Fleisch und Fleischerzeugnisse des Deutschen Lebensmittelbuches sind „Rohwürste“ in der Regel umgerötete, ungekühlt (über +10 °C) lagerfähige, i.d.R. roh zum Verzehr gelangende Wurstwaren, die streichfähig oder nach einer mit Austrocknung verbundenen Reifung schnittfest geworden sind. Als besondere Merkmale für streichfähige Rohwürste gibt Leitsatz-Nr. 2.212 eine nur geringe Abtrocknung sowie den Hinweis, dass sie nicht zur längeren Lagerung vorgesehen sind an. Dass Zwiebelmettwurst zum alsbaldigen Verzehr bestimmt ist, wird unter Ziffer 2.212.03 klar gestellt.

Als wichtige Beurteilungskriterien für die Unterscheidung zwischen „Rohwurst“ und „Hackfleischzubereitungen“, „Rohwursthalbfabrikaten“ oder „rohwurstartigen Erzeugnissen“, die unvollständig gereift in den Verkehr kommen und somit alle der Hackfleisch-Verordnung unterliegen, gelten gemäß dieser Definitionen ein abgeschlossenes Pökungsverfahren mit Umrötung sowie die Reifung.

### 2.2.2 Definition und Herstellung

Die Definition und Beurteilung von frischer Mettwurst beschäftigt seit mehreren Jahrzehnten Wissenschaft und Überwachung. So sahen ROEMMELE und VAN DER WALL (1964) in „frischer Mettwurst“ lediglich in Darm gefülltes, gewürztes Mettgut, welches aus roher Skelettmuskulatur vom Rind oder Schwein sowie Speck oder Fett in mehr oder weniger feiner Zerkleinerung hergestellt wird. Sie bezweifelten, dass die Kriterien Bindung, Rötung, Umaromatisierung, Würzung (v.a. Nitritpökelsalz) und die Abfüllung in Hüllen immer eine sichere Beurteilung ermöglichen. Zugleich forderten sie, dass solche Produkte vor dem Inverkehrbringen einer Behandlung unterzogen werden müssten, die dazu geeignet ist, ihnen den Hackfleischcharakter zu nehmen (z.B. Räuchern) und empfahlen die Deklaration als „grobe weiche Mettwurst (geräuchert)“. Desweiteren legten die Autoren nahe, die Bestimmungen der Hackfleisch-Verordnung den damaligen Gegebenheiten anzupassen.

RACKOW und WELZ (1965) definierten „frische Mettwurst“ als ein Produkt aus zerkleinertem Fleisch, Salpeter und Gewürzen, welches evtl. geräuchert ist. Für die Autoren fiel die „frische Mettwurst“ erst dann nicht mehr unter die HFIV, wenn das Brät einen mehrtägigen Reifungs- und Konservierungsprozess durchlaufen hat. Da allerdings gerade bei diesem Produkt ein Wasserentzug durch Trocknung oder eine Räucherung unterbleiben, findet auch kein wirklicher Konservierungsprozess statt.

Für SINELL und LEVETZOW (1966) bestanden „frische Mettwürste“ aus i.d.R. ungeräuchertem, grob zerkleinertem Schweinefleischbrät, welches in luft- und wasserdampfundurchlässige Hüllen abgefüllt ist. Ihrer Meinung nach unterliegen diese Würste einen Reifungsprozess und sind durch Umrötung, Bindung, Aromatisierung und Säuerung deutlich von Hackfleisch abgrenzbar. Allerdings weisen „frische Mettwürste“ eine von der üblichen Rohwurst abweichende Aromatisierung auf. Die Verfasser empfahlen eine Kühllhaltung bei längerer Lagerung.

Nach dem 1971 veröffentlichten Runderlass des niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten ist die „frische Mettwurst“ ein Rohwurstserzeugnis eigener Art von begrenzter Haltbarkeit (3 bis 4 Wochen), das besonderer Kühllhaltung bedarf. Das Produkt ist nach 3 bis 4 Tagen gereift und umgerötet, wobei es einen pH-Wert zwischen 5,6 und 5,8 aufweist. In diesem Runderlass wurde explizit hervorgehoben, dass sich die „frische Mettwurst“ sowohl von den streichfähigen Rohwürsten üblicher Art, als auch von in Umhüllungen gefüllten Erzeugnissen nach § 1 der HFIV unterscheidet.

Gemäß MANTEL und BECK (1975) kommt für die Herstellung von „frischer Mettwurst“ grob gekörntes Schweinefleisch zur Verwendung, welches in durchsichtige Sterildärme abge-

füllt wird. Zur Umrötung werden die Würste für ca. 8 Stunden bei ca. 20 °C gelagert. Der Nitritpökelsalzanteil beträgt 2,4 – 3 %. Als spezifische Würzkomponente wird Zwiebelpulver zugesetzt, welches v.a. Kleinbetriebe durch frische, gehackte Zwiebeln ergänzen.

Laut CORETTI (1974) können für die Herstellung von Rohwürsten neben Kochsalz, Gewürzen, Zucker und Starterkulturen folgende Zusatzstoffe verwendet werden: Pökelfstoffe (Nitritpökelsalz oder Salpeter), Pökelfhilfsstoffe wie Ascorbinsäure und Natriumascorbat, Geschmacksverstärker wie Glutaminsäure und Natriumglutamat sowie Glucono-delta-Lacton (GdL).

Nach SIEMS und SINELL (1974) besitzt „frische Mettwurst“ unter den Rohwursterezeugnissen eine Sonderstellung, da ihre Haltbarmachung nur durch pH-Wert-Senkung sowie Pökelfstoffe, nicht aber durch Wasserentzug und Räucherung bewirkt wird. Solche Produkte sind deshalb schneller verderblich.

WEBER et al. (1976) verstanden unter „frischer Mettwurst, Vesperwurst und Zwiebelmettwurst“ in Polyamidschläuche abgefüllte Fleischerzeugnisse, die im Aussehen Hackepeter gleichen, im Aroma jedoch Ähnlichkeiten mit einer Rohwurst aufweisen. Da diesen Waren die Abtrocknung und Räucherung fehlen, ist ihre Haltbarkeit deutlich herabgesetzt und sie verderben leichter.

JÖCKEL et al. (1976) subsumierten unter „frischer Mettwurst“ streichfähige Rohwürste, die überwiegend oder ausschließlich aus Schweinefleisch und Schweinefettgewebe bestehen. Als Pökelfstoff wird i.d.R. Nitritpökelsalz verwendet, als reifungssteuernde Zusätze sowohl Zuckerstoffe als auch GdL. Da der Frischezustand besonders hervorgehoben werden soll, unterbleibt eine Räucherung.

„Frische Mettwurst“ stellte nach LANGNER und MALEK (1977) ein Erzeugnis aus rohem, mittelfein zerkleinertem Fleisch dar, das nach 3 bis 4 Tagen gereift, umgerötet und aromatisiert ist. Aufgrund der kurzen Reifung ist der Wassergehalt sehr hoch und bedingt eine geringe Haltbarkeit. Diese Erzeugnisse benötigen daher während der maximal 3 Wochen dauernden Lagerzeit eine besondere Kühllagerung.

LINKE (1981) verstand unter „frischer Mettwurst“ eine streichfähige Rohwurst, deren Herstellungszeit sich wegen einer forcierten Säuerung erheblich verkürzt. Durch Zusatz von GdL wird eine rasche pH-Wert-Senkung erreicht, was die fermentierenden Laktobazillen begünstigt und Verderbserreger wie Enterobakteriaceen und Pseudomonaden in ihrem Wachstum hemmt. Das Attribut „frisch“ steht für eine Rohwurst kurzer Herstellungszeit und somit im krassen Gegensatz zur Dauerware. Es darf auf keinen Fall als Hinweis darauf verstanden werden, dass „frische Mettwurst“ den Vorschriften der Hackfleisch-Verordnung unterliegt.

Laut FUCHS (1984) sind streichfähige Rohwürste jeder Art, dies schließt somit auch die frische Zwiebelmettwurst ein, als Halbdauerwaren anzusehen und demnach nur begrenzt lagerfähig. Seiner Meinung nach beträgt bei traditioneller Herstellungsweise die Lagerfähigkeit maximal 7 bis 10 Tage.

Zum Nachweis, ob die in „frischer Mettwurst“ enthaltene Milchsäure während der Reifung mikrobiell gebildet wurde oder zur Verbesserung und Stabilisierung des bakteriologischen Status sowie der schnelleren Säuerung lediglich zugesetzt wurde, eignet sich laut STENZEL und MICHAEL (1995) die Dünnschichtchromatographie.

Nach BUCKENHÜSKES und GEHRING (2000) sind „frische Mettwürste“ Wurstwaren, die schnell gereift und umgerötet aber nur geringfügig abgetrocknet werden. Sie setzen sich aus einem leicht verderblichen Gemenge aus zerkleinertem Fleisch und Fett, Salz, Umröte- und Umrötehilfsmitteln, Zuckerstoffen sowie Gewürzen zusammen, das in Därme gefüllt und darin fermentiert wird. Ihre Haltbarkeit kommt durch das Zusammenwirken von Nitrit, einer Absenkung des  $a_w$ - und pH-Wertes sowie einer leichten Abtrocknung und durch die Wirkung der Milchsäurebakterien zustande. Zur Herstellung hygienisch einwandfreier, qualitativ hochwertiger frischer Mettwürste sind v.a. die Auswahl der Rohstoffe (das Rohmaterial sollte eine Keimzahl von  $< 10^6$  KbE/g aufweisen), die technischen Anlagen sowie die bei der Herstellung tätigen Mitarbeiter zu kontrollieren.

### 2.2.3 Beurteilungsmerkmale für kurz gereifte Rohwürste

Seitdem kurz gereifte Rohwürste, wie z.B. „Frische Zwiebelmettwurst“, im Handel sind, haben sich zahlreiche Veröffentlichungen auch mit der Frage beschäftigt, welche Kriterien eine „vollständige Reifung“ ausmachen. Die Forderungen lassen sich größtenteils aus den unter 2.2.2. besprochenen Definitionen ableiten.

RACKOW und WELZ (1965) differenzierten aufgrund ihrer Beobachtungen die Merkmale zur Abgrenzung hackepeterähnlicher Erzeugnisse gegenüber frischer Mettwurst in „Hauptkriterien“ einerseits, die in jedem Falle vorhanden sein müssen, und „ergänzende Kriterien“ andererseits, die nicht immer feststellbar oder erkennbar sind. Zur ersten Gruppe gehören:

1. deutlich ausgeprägte und zugleich stabile Umrötung
2. typischer Geruch und Geschmack (Umaromatisierung und Fermentation)
3. pH-Wert nicht über 5,6

Zu den ergänzenden Kriterien zählten die Autoren den Vorbericht (Herstellungstag, Liefertag usw.), die Bindung des Wurstgutes, Abtrocknungserscheinungen sowie den bakteriologischen Befund.

LANGNER und MALEK (1977) bezogen sich auf eine Empfehlung der 10. Arbeitstagung des Arbeitskreises Lebensmittelhygienischer Tierärztlicher Sachverständiger (ALTS, Berlin 1970). Demnach ist die Umrötung für den Charakter der frischen Mettwurst unabdingbar notwendig und der pH-Wert sollte möglichst bei 5,6 bis 5,8 liegen.

MANTEL und BECK (1975) zogen für die Abgrenzung von frischer Mettwurst gegenüber Hackfleischerzeugnissen den Nitritgehalt, die Umrötung sowie den mikrobiologischen Befund heran.

RÖDEL und KLETTNER (1978) überprüften die Reifung einerseits mit Hilfe von Untersuchungsparametern bzw. Messgrößen. Zu diesen zählten sie pH-Wert,  $a_w$ -Wert,  $T_e$ -Wert (Festigkeit), Wassergehalt, Gewichtsverlust und Fettgehalt. Andererseits wird die Reifung von sog. Steuerungsparametern bzw. Einflussgrößen bestimmt, wie z.B. Reifungstemperatur, Luftgeschwindigkeit, Rohwurstdurchmesser und Starterkulturzusatz.

Nach LIST und KLETTNER (1978) geben die Veränderungen der Milchsäurewerte unmittelbar Aufschluss über die Intensität des Reifungsprozesses. Während der Säuerungsphase beobachteten die Autoren eine enge Korrelation von Laktat zum absinkendem pH-Wert. Sie sahen daher in der Milchsäurebestimmung einen „objektiven Untersuchungsparameter“. Allerdings muss bei der Analyse berücksichtigt werden, dass mit dem Fleischanteil bereits L(+)-Milchsäure als Folge der postmortalen Glykolyse ins Rohwurstbrät eingebracht wird. Da die D(-)-Milchsäure lediglich während der mikrobiologischen Reifung gebildet wird, ist nur deren Anstieg als Beurteilungskriterium heranzuziehen.

LANDVOGT und FISCHER (1990) fanden dagegen weder eine Korrelation zwischen der Menge an gebildeter Milchsäure und dem Ausmaß der pH-Wert-Absenkung, noch eine Abhängigkeit der Stoffwechsellistung von der Keimzahl.

Die Ursache für den begrenzten Aussagewert des Laktats liegt in der Kinetik der Milchsäurebildung. Die Laktatproduktion verläuft zwar analog zur logarithmischen Vermehrung der Mikroorganismen, findet aber zeitlich verzögert statt und erreicht ihr Maximum erst in der stationären Phase (REUTER, 1971). Aufgrund der langsamen Milchsäureakkumulation kann es bei Reifungsbeginn noch zu einer starken Vermehrung unerwünschter Keimgruppen kommen. REUTER gab deswegen zu bedenken, dass eine ausgeprägte Laktobazillenflora nicht unbedingt als sicheres Kriterium für eine hygienisch einwandfreie Beschaffenheit zu gelten hat.

Auf eine ausreichende Reifung lassen nach SCHMIDT (1985) ein pH-Wert unter 5,6 und ein Laktobazillengehalt von über  $10^6$  KbE/g schließen.

EL ALAMI (1997) zog für die Beurteilung des Reifezustandes die Impedanzmessung heran und nahm anhand des Verlaufes und der Steigung der Impedanzkurve eine Eingruppierung in „mit“ oder „ohne ausgeprägten Rohwurstcharakter“ vor. Für Fälle, die keine eindeutige Zuordnung gestatteten, zog sie zusätzlich die Ermittlung von D-Milchsäuregehalt, Anzahl an Milchsäurebildnern, pH-Wert sowie sensorische Kriterien heran.

Um eine einheitliche Beurteilungsgrundlage für frische Mettwürste zu schaffen, postulierte 1996 der ALTS in Berlin folgende Bedingungen, die ein Erzeugnis aus zerkleinertem Fleisch erfüllen muss, um als Rohwurst eingestuft zu werden (JÖCKEL, 1996):

1. Geruch, Geschmack, (Abbindung) rohwurstartig
2. stabile Umrötung (sensorisch, in Zweifelsfällen chemisch:  $\geq 50$  % nach Möhler-Methode)
3. Säuerung (pH-Wert  $\leq 5,6$ ; D(-)-Milchsäure  $\geq 0,2/100g$ )
4. typische mikrobiologische Beschaffenheit (dominierende Fermentationsflora, niedrige Keimzahlen an Gramnegativen; bei Möglichkeit der Impedanzmessung typischer Verlauf für gereifte Erzeugnisse)

STANISLAWSKI (2000) riet, die Vorgaben des ALTS-Beschlusses neu zu überdenken. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen ließen ihn zu dem Schluss kommen, dass der Bestimmung der Umrötung nach Möhler analytische Unsicherheiten anhaften, Rohwürste mit pH-Werten über 5,6 im Handel auftreten und der D(-)-Milchsäuregrenzwert nicht mit allen Starterkulturen zu erreichen ist. Insbesondere eine isolierte Betrachtung der Beurteilungskriterien könnte zu einer falschen Beurteilung der Zwiebelmettwurst führen.

Auch STIEBING (2000) vertrat die Auffassung, dass die z.Zt. angewandten Beurteilungskriterien keine zuverlässigen Parameter darstellen, die ein „sicheres Produkt“ gewährleisten, sondern lediglich zur Begriffsbestimmung „Rohwurst“ beitragen. Seiner Meinung nach erhält man ein mikrobiologisch einwandfreies Produkt in erster Linie durch Verwendung eines hygienisch geeigneten Rohmaterials sowie durch konsequente Verarbeitungshygiene.

JÖCKEL und KLARE (2000) dagegen beriefen sich zur Beurteilung der Verkehrsfähigkeit von Zwiebelmettwurst voll und ganz auf die vom ALTS (1996) erarbeiteten Richtwerte, zumal eine bundesweite Erhebung über den mikrobiologischen Status von frischen streichfähigen Rohwürsten, rückwirkend für die Jahre 1995 und 1996 vom Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV, 1997; 1999 a) zusammengestellt, deren Eignung belegte und ihre Anwendung empfahl.

In diesem Sinne argumentierte auch BENEKE (2001). Sofern ungenügend gereiftes, gewürztes Mett im Rahmen der Harmonisierung der EU auch in Deutschland Verkehrsfähigkeit erlangt, ohne die genannten Kriterien zu erfüllen, müsste es als Lebensmittel eigener Art gelten und dürfte nicht mit einem Begriff aus der Rohwurstnomenklatur belegt werden.

#### 2.2.4 Mikrobiologie

FrISCHE Mettwürste stehen wegen des relativ hohen Risikos einer Kontamination mit pathogenen Keimen in der Diskussion. In einer umfangreichen bundesweiten Erhebung des BgVV zum mikrobiologischen Status von frischen streichfähigen Mettwürsten der Jahre 1995 und 1996 dokumentierte das BgVV (1997; 1999 a) bei Rotfleisch-Mettwürsten in 2,3 % (1995) bzw. 3,8 % (1996) der Proben positive Salmonellenbefunde. Die Kontaminationsrate bei dem Produkt „Zwiebelmettwurst“ lag bei 3,6 %. Aus den Untersuchungsergebnissen ging hervor, dass selbst Proben mit einer hohen Anzahl an Milchsäurebakterien sowie solche mit Enterobakteriazeengehalten unterhalb der Nachweisgrenze von  $10^2$  KBE/g Salmonellen enthielten. Meistens verbanden sich jedoch die Salmonellenfunde mit sehr hohen Besiedlungsdichten an Enterobakteriazeen und Pseudomonaden. EL ALAMI (1997) untersuchte FrISCHE Mettwürste aus dem Berliner Raum und zwar sowohl von Großbetrieben als auch von Fleischereien. Sie konnte aus keiner Probe Salmonellen isolieren. SCHMIDT (1985) wies in insgesamt 4,3 % der untersuchten frischen Mettwürste aus Metzgereien und Supermärkten Salmonellen nach, wobei die Zahl dieser Keime bei  $< 10^2$ /g lag. Während er im Winter und Frühjahr die wenigsten Salmonellen isolierte, beobachtete er in den Sommermonaten Juni bis August einen Anstieg der Häufigkeit auf bis zu 13 %. Weiterhin fand er eine Akkumulation der Salmonellenfunde in den Mettwurstproben aus Supermärkten. Diesen Befund führte er auf den in solchen Betrieben oft üblichen Zukauf totvermarkteter Schlachttierkörper zurück. *Salmonella Typhimurium* stellte mit 32 % den am häufigsten isolierten Serotyp dar. Auch BOOS (1979) wies zumeist *S. Typhimurium* (39,4 %) in streichfähigen Rohwürsten nach. Insgesamt ermittelte er 15,6 % Salmonella-positive Proben. Anhand eines stichprobenartigen Nachweises in 10 streichfähigen Rohwürsten konnte er Salmonellenzahlen zwischen  $10^2$  und  $10^4$ /g ausmachen.

KARCHES und TEUFEL (1988) isolierten aus 55 % der von ihnen untersuchten Zwiebelmettwurstproben aus Betrieben des Lebensmitteleinzelhandels Listerien, wobei *Listeria monocytogenes* aus insgesamt 9 % der Proben angezüchtet wurden. Dabei stellten die Autoren

fest, dass in Proben mit pH-Werten unter 5,0 keine Listerien vorkamen. Eine wesentlich höhere Belastung mit Listerien ermittelten SCHMIDT et al. (1988). Sie isolierten aus nahezu jeder untersuchten frischen Mettwurst (97 %) Listerien. *Listeria monocytogenes* war in insgesamt 59 % der Proben vertreten. BREUER und PRÄNDEL (1988) wiesen in 67 % der Mettwürste aus dem Handel Listerien nach und in 23 % *Listeria monocytogenes*. SCHOEN und TERPLAN (1987) vermochten dagegen nur aus 40 % der Mettwurstproben Listerien anzuzüchten. Die Isolierungsquote für *Listeria monocytogenes* lag bei 12 %.

EL ALAMI (1997) konnte bei einer Nachweisgrenze von  $2,0 \times 10^2$  KBE/g aus Rohwürsten des Berliner Handels keine koagulase-positiven Staphylokokken isolieren. KUSCHFELDT (1980) fand dagegen in 56 % der untersuchten grob zerkleinerten Rohwürste *Staph. aureus* mit Keimgehalten zwischen  $10^1$  und  $10^4$ /g, wobei der weitaus überwiegende Anteil der positiven Proben zwischen  $10^1$  und  $10^2$  Keime/g enthielt und somit viel zu niedrig lag, um ein beachtenswertes Risiko für den Verbraucher darzustellen. SIEMS und SINELL (1974) isolierten aus 37,5 % der frischen Mettwürste eigelb- und koagulase-positive Staphylokokken und zwar mit Keimzahlen zwischen  $10^2$  und  $10^4$ /g. Auch sie kamen zu dem Schluss, dass frische Mettwurst in dieser Hinsicht anscheinend keine Gesundheitsgefahr für den Verbraucher birgt. RHEINBABEN und HADLOK (1979) hoben hervor, dass die Kokken-Rohwurstflora nicht – wie bisher angenommen – überwiegend aus Mikrokokken besteht, sondern hauptsächlich aus Staphylokokken. Sie führten das Dominieren der Staphylokokken auf den unterschiedlichen O<sub>2</sub>-Bedarf der beiden Gattungen zurück. Mit fortschreitender Reifung steht den Mikroorganismen immer weniger Sauerstoff zu Verfügung. Dementsprechend muss es sich bei den nachgewiesenen Kokken um Staphylokokken handeln, da sich diese im Gegensatz zu den obligat aeroben Mikrokokken auch unter Sauerstoffabschluss vermehren können.

PICHNER et al. (2001) überprüften Mettwurstproben aus Supermärkten und Metzgereien quantitativ auf *E. coli* und qualitativ auf das Vorhandensein von VTEC-Stämmen. Dabei fanden sie heraus, dass 96,7 % der quantitativ untersuchten Proben *E. coli* in Keimzahlen von weniger als 10 KBE/g enthielten, 2,9 % zwischen  $10^1$  und  $10^2$  KBE/g und weniger als 1 % eine *E. coli*-Keimzahl von  $10^2$  bis  $10^3$  KBE/g aufwiesen. Der qualitative Nachweis von VTEC mittels PCR verlief bei 9,7 % der Mettwurstproben positiv. Wegen des hohen Aufwandes der Diagnostik von verotoxinogenen *E. coli* vertraten die Autoren die Meinung, dass es zweckmäßig sei, zunächst auf *E. coli* zu untersuchen und weiterführende Verfahren nur bei entsprechendem Verdacht durchzuführen. TIMM et al. (1999) wiesen ebenfalls VTEC in annähernd gleich großem Umfang, nämlich 8,8 %, bei kurzgereiften Rohwürsten nach. Die

beiden letztgenannten Publikationen stehen nicht in Übereinstimmung mit den Modellversuchen von POZZI et al. (1996), denn in mit *E. coli* beimpften streichfähigen Mettwürsten überlebten die EHEC-Stämme selbst nach einer ausgeprägten Rohwurstreifung in nahezu unveränderter Anzahl. Desweiteren stellten die Autoren fest, dass die EHEC-Stämme die Fähigkeit zur Toxinbildung auch nach 3 Wochen Kühlung nicht verloren hatten. Ähnliche Resultate erhielten auch STIEBING et al. (2000). Sie konnten in mäßig abgetrockneter streichfähiger Rohwurst den Gehalt an EHEC lediglich um eine Zehnerpotenz in der ersten Reifungswoche vermindern. Während der anschließenden Kühlung kam es zu keiner merklichen Keimreduktion. Nur durch eine Hochdruckbehandlung ließ sich die EHEC-Dichte um 3,5-5 log-Einheiten absenken.

EL ALAMI (1997) ermittelte bei Frischen Mettwürsten des Berliner Handels aerobe Gesamtkeimzahlen von  $3,5 \times 10^4$  bis  $1,1 \times 10^9$  KbE/g sowie  $4,4 \times 10^3$  bis  $1,6 \times 10^9$  Milchsäurebildner/g, wobei der überwiegende Teil der Proben Milchsäurebildnergehalte zwischen  $10^6$  und  $10^8$ /g aufwies. Mikrokokken konnte sie meist in einer Menge von  $10^2$  bis  $10^3$  KbE/g nachweisen. Die Spannweite der gramnegativen Keime, zu denen die Autorin Pseudomonaden und Enterobakteriazen zusammenfasste, reichte von  $< 2,0 \times 10^2$  bis  $6,9 \times 10^6$  KbE/g, wobei die meisten Proben zwischen  $4,0 \times 10^3$  und  $4,0 \times 10^4$  gramnegative Keime/g aufwiesen. Die Pseudomonaden kamen dabei i.d.R. in höheren Zahlen vor als die Enterobakteriazen, deren Maximalwert bei  $1,6 \times 10^6$  KbE/g lag. KUSCHFELDT (1980) ermittelte in nahezu allen untersuchten, grob zerkleinerten Rohwürsten aus dem Handel einen Enterobakteriazengehalt zwischen  $10^1$  bis  $10^4$ /g sowie bei  $\frac{3}{4}$  der Proben  $10^2$  bis über  $10^4$  Enterokokken/g. Laktobazillen isolierte er aus allen Proben, wobei die Keimzahlen zwischen weniger als  $10^4$  und  $10^8$ /g schwankten. Die Spannweite der aeroben GKZ reichte von  $10^3$  bis  $10^9$  Keime/g. Der überwiegende Anteil der Proben (85 %) wies Keimgehalte von mehr als  $10^6$ /g auf. STANISLAWSKI (2000) berichtete über aerobe Gesamtkeimzahlen zwischen  $6,0 \times 10^7$  und  $3,9 \times 10^8$ /g in Zwiebelmettwürsten, die unter industriellen Bedingungen hergestellt wurden. Hauptbestandteil dieser Flora bildeten die Milchsäurebakterien mit  $7,0 \times 10^6$  bis  $3,9 \times 10^8$  KbE/g. Enterobakteriazen konnte er in einer Menge von  $< 2,0 \times 10^2$  bis  $1,6 \times 10^3$  KbE/g nachweisen. Ähnlich niedrige Werte fand er auch für Hefen. Schimmelpilze ließen sich bei einer Nachweisgrenze von  $2,0 \times 10^2$  KbE/g aus keiner der Wurstproben isolieren. Eine weitaus größere Streuung der aeroben GKZ stellten MANTEL und BECK (1975) fest. Bei den von ihnen untersuchten Proben schwankte die GKZ zwischen  $10^2$  und  $> 10^9$  KbE/g, wobei lediglich 32 % der Proben eine Laktobazillenzahl von  $> 10^6$  KbE/g aufwiesen. 60 % der Rohwürste enthielten weniger als 100 Enterobakteriazen und

Pseudomonaden, die restlichen bis zu  $10^4$ /g. Enterokokken waren mit Anzahlen von  $< 100$  bis  $10^3$  KbE/g vertreten, Mikrokokken mit  $10^2$  bis  $10^4$  KbE/g.

### 2.2.5 Starterkulturen und ihre Wirkung

HECHELMANN (1981) definierte Starterkulturen als Reinkulturen oder abgestimmte Mischkulturen von Bakterien, Hefen oder Schimmelpilzen, die aufgrund ihrer StoffwechsellLeistungen erwünschte Veränderungen des Aussehens, des Aromas, der Konsistenz und der Konservierung von Lebensmitteln herbeiführen. Bei den Starterkulturen für die Rohwurstreifung handelt es sich in erster Linie um Mikrokokken, Staphylokokken, Laktobazillen oder Pediokokken sowie Mischkulturen dieser Keimarten. Sie dürfen weder pathogene noch toxinogene Eigenschaften aufweisen. Desweiteren führte HECHELMANN auch Pseudomonaden, Enterobakteriazeen und Vibrionen auf, deren Anwendung allerdings trotz günstiger Auswirkungen auf das Aroma über das experimentelle Stadium nicht hinaus kam. Mikrokokken und Staphylokokken werden wegen ihrer Wirkung auf das Redoxpotential zur Beschleunigung der Umrötung, Verbesserung von Farbhaltung und Aroma sowie zur Verzögerung des Ranzigwerdens zugesetzt. Laktobazillen und Pediokokken bauen Kohlenhydrate zu Milchsäure ab und führen folglich zu einer pH-Wert-Senkung des Rohwurstbrätes. Dadurch entsteht zum einen das typische Rohwurstaroma, zum anderen werden aber auch durch den niedrigen pH-Wert Verderbserreger und pathogene Keime in ihrer Vermehrung gehemmt. HECHELMANN kam zu dem Schluss, dass bei einwandfreier Hygiene und entsprechenden Reifebedingungen durch den Einsatz von Starterkulturen qualitativ hochwertige Produkte hergestellt werden können.

Auch CORETTI (1977) zählte neben den allgemein üblichen Starterkulturen noch Enterobakteriazeen, Pseudomonaden, Vibrionen sowie Achromobakteriazeen und Corynebakteriazeen auf, die allerdings nicht kommerziell, sondern nur experimentell genutzt wurden. Der Autor sprach sich für eine Mischung von Mikrokokken und Laktobazillen zur Herstellung von Rohwürsten aus, weil sich diese Keime gegenseitig positiv beeinflussen und es so zur optimalen Geschmacks- und Farbbildung kommt. Außerdem wies er darauf hin, dass in Rohwürsten mit Starterkulturen die gramnegativen Mikroorganismen sowie Enterokokken, Bazillen und andere Lipolyten und Proteolyten während der Reifung schneller abnehmen als in Würsten ohne Starterkulturen.

Nach LÜCKE und HECHELMANN (1986) besitzen Milchsäurebakterien hauptsächlich eine konservierende Wirkung und zwar direkt über die Säurebildung und Unterdrückung

unerwünschter Bakterien sowie indirekt über eine beschleunigte Abtrocknung, wie sie bei Fleisch mit pH-Werten um 5 stattfindet. Demgegenüber verbessern die Mikrokokken und Staphylokokken die „chemische“ Widerstandsfähigkeit, indem sie das Produkt vor den Schädwirkungen des Luftsauerstoffes schützen. Hinzu kommt ihre maßgebliche Beteiligung am Entstehen von stabiler Farbe und Aroma. Anforderungen an Starterkulturen sind u.a. Salz- und Nitrittoleranz, Stoffwechselaktivität auch bei niedrigen Temperaturen, anaerobes Wachstum, weder pathogene noch toxinogene Eigenschaften sowie keine Produktion unerwünschter Substanzen, wie z.B. Antibiotika, Wasserstoffperoxid, Essigsäure oder Gas. Da streichfähige Rohwürste nicht zu sauer sein sollten, setzt man ihnen nur wenig Zucker als Substrat für eine Säurebildung zu. Aber gerade in der Anfangsphase trägt eine rasche pH-Wert-Senkung zur mikrobiologischen Sicherheit bei. Um diesen Zielkonflikt zu lösen, wird dem Rohwurstbrät häufig GdL zugefügt, aus dem im saurem Milieu spontan Gluconsäure entsteht. Dieses wiederum bauen die Laktobazillen zu Milchsäure und wenig erwünschter Essigsäure ab. Allerdings kann die alleinige Verwendung von GdL und Milchsäurebakterien zu sensorischen Abweichungen führen, weshalb die Autoren ebenfalls die Kombination mit Mikrokokken empfehlen, um Farbfehler und vorzeitige Ranzigkeit zu vermeiden.

Weil gerade bei frischer Mettwurst eine starke Säuerung unerwünscht ist und die Streichfähigkeit erhalten bleiben soll, empfehlen SCHILLINGER und LÜCKE (1989), nur solche Milchsäurebakterien einzusetzen, die eine Vermehrung unerwünschter Bakterien verhindern, ohne eine übermäßige Säuerung hervorzurufen. Im Gegensatz zu den Starterkulturen bezeichneten die Autoren Mikroorganismen, welche die sensorischen Eigenschaften des Produktes möglichst wenig verändern und zugleich unerwünschte Keimarten hemmen, als „Schutzkulturen“.

Die Beeinflussung der Rohwurstreifung durch gezielte Steuerung von chemisch-physikalischen Größen untersuchten LANDVOGT und FISCHER (1990). Sie fanden eine sehr starke Abhängigkeit der Säureaktivität verschiedener Starterkulturen von Temperatur und Wasseraktivität. Eine optimale Säuerung der ausgewählten Starterkulturen setzt demnach eine perfekte Abstimmung dieser Reifeparameter voraus.

Damit Starterkulturen die sensorischen Eigenschaften eines Produktes wie gewünscht verändern können, müssen sie gegenüber der Begleitflora einen Selektionsvorteil besitzen. Um diesen zu gewährleisten, werden sie in sehr hohen Keimzahlen dem Brät zugesetzt. HAMMES et al. (1985) ermittelten bei verschiedenen Starterkulturpräparaten für die Rohwurstherstellung Gesamtkeimgehalte zwischen  $6,0 \times 10^8$  und  $2,9 \times 10^{11}$  KBE/g Starterkulturpräparat.

SCHILLINGER und LÜCKE (1988) fanden bei ihren Untersuchungen heraus, dass sich Salmonellen in streichfähigen Rohwürsten bei Verwendung ausschließlich von 2 %

Nitritpökelsalz (NPS) vermehrten, wenn die Ware nach der Umrötung nicht konsequent bei unter 10 °C gelagert wurde. Mit einem Zusatz von *L. sake* konnten die Autoren das Salmonellenwachstum aber auch noch bei einer Lagertemperatur von 20 °C unterdrücken. Voraussetzung hierfür bildete allerdings ein pH-Wert des Ausgangsmaterials zwischen 5,6 bis 5,8. Weiterhin stellten sie fest, dass sich durch eine 0,3 %ige GdL-Zugabe das Salmonellenwachstum hemmen ließ, aber nur auf Kosten der sensorischen Eigenschaften des Produktes. Ähnliche Ergebnisse veröffentlichte SCHMIDT (1987) bereits ein Jahr zuvor. Er empfahl die Herstellung von frischen Mettwürsten unter Verwendung von 2,5 % NPS, 0,3 % GdL und milchsäurebildenden Starterkulturen. Dadurch erhalte man ein Produkt, welches ohne Beeinträchtigung der sensorischen Eigenschaften maximal 3 Wochen bei 4 °C lagerfähig ist und selbst bei unsachgemäßer Lagerung (bis 25 °C) ein Salmonellenwachstum unterdrückt.

## 2.3 Mikroflora

### 2.3.1 Pathogene Mikroorganismen

#### 2.3.1.1 Salmonellen

Salmonellen sind gramnegative, fakultativ anaerobe, Katalase-positive und Oxidase-negative Stäbchen (D'AOUST, 1997). Sie kommen als natürliche Darmbewohner der Wirbeltiere und des Menschen vor. Ihre Übertragung erfolgt in erster Linie auf dem alimentären Weg, wobei sie sowohl durch eine intravitale Infektion des Schlachttieres als auch durch sekundäre Kontamination (z.B. unerkannte Salmonellenausscheider im Lebensmittelbetrieb, Abwasser, Nager, Haustiere) in das Lebensmittel gelangen können (BULLING, 1968). Es gibt mehr als 2.300 Serovare (POPOFF et al., 1992), von den v.a. *S. Enteritidis* und *S. Thyphimurium* epidemiologische Bedeutung aufweisen. Salmonellen führen zu einer „Lebensmittelvergiftung“ in Form einer akuten Gastroenteritis, in deren Verlauf es zuerst zu Übelkeit und Erbrechen, verbunden mit Kopfschmerzen kommt. Danach folgen heftige Durchfälle sowie Magen- und Darmkrämpfe (BULLING, 1968). Die Inkubationszeit liegt zwischen 12-36 h (KÜHN et al., 1994). Die minimale infektiöse Dosis (MID) liegt oftmals bei über  $10^5$ . Kinder, ältere Personen und Immungeschwächte können aber auch in Abhängigkeit von der Matrix und der Keimvirulenz bereits an Keimgehalten von  $10^1$  erkranken (GRANUM et al., 1995). In erster Linie sind vom Tier stammende Lebensmittel wie Fleischerzeugnisse, Eier, Eiprodukte, Milch

und Milcherzeugnisse betroffen (BULLING, 1968). Die dominierende Rolle von Hackfleisch als Ursache für Salmonellosen führte 1936 zur Einführung der Hackfleisch-Verordnung. Mit Hilfe der darin enthaltenen Bestimmungen konnte die Häufigkeit einer Lebensmittelvergiftung durch Salmonellen drastisch reduziert werden (BENTLER, 1982).

### 2.3.1.2 *Listeria monocytogenes*

Listerien sind grampositive, kurze, dünne, fakultativ anaerobe, Katalase-positive und Oxidase-negative Stäbchen, die sich auch noch bei niedrigen Temperaturen vermehren können und gegenüber äußeren Einflüssen sehr widerstandsfähig verhalten (ICMSF, 1996). Sie sind in der Umwelt und vor allem im landwirtschaftlichen Bereich weit verbreitet. Als pathogen für Mensch und Tier gilt nur *Listeria monocytogenes*. Meist verläuft eine Erkrankung in Form einer grippalen Infektion ab, aber bei bestimmten Risikogruppen, zu denen u.a. Schwangere und Neugeborene zählen, kann es zu Totgeburt, Frühgeburt oder der meldepflichtigen Neugeborenenlisteriose kommen. Aber auch bei älteren Menschen und Immungeschwächten bilden sich schwere Erkrankungen, wie Meningitis oder Sepsis, aus. Derartige Fälle verlaufen etwa zu 30 % letal (BgVV, 1999 b). Die MID ist sehr variabel. Für gesunde Personen gelten  $10^4$  Keime/g als infektiös, für Hochrisikogruppen bereits 10 Keime/g. Die Inkubationszeit liegt zwischen 2 Tagen und 6 Wochen (KRÄMER, 1999). Während der Gewinnung und Bearbeitung sind Lebensmittel zahlreichen Kontaminationsmöglichkeiten ausgesetzt. Sie können z.B. direkt beim Schlachten oder aufgrund mangelnder Hygiene durch verschmutzte Maschinenteile, schlecht bzw. zu selten gereinigte Aufschnittmaschinen oder unzureichende Sauberkeit des Personals belastet werden. Die Überlebens- und Vermehrungsfähigkeit von Listerien in Nahrungsmitteln hängen von dem Herstellungsverfahren ab. Vor allem bei reduziertem Sauerstoffangebot, wie bei vakuumverpackter Ware und langen Lagerzeiten unter Kühlung, setzen sie sich leichter gegenüber der konkurrierenden Begleitflora durch (BgVV, 1999 b).

### 2.3.1.3 Staphylococcus aureus

*Staphylococcus aureus* ist ein grampositives, kokkoides, Koagulase-positives Bakterium, das Enterotoxine (A bis H) zu bilden vermag, welche die Ursache von Staphylokokken-Lebensmittelvergiftungen darstellen (ICMSF, 1996). Für den Menschen bedenkliche Toxin-konzentrationen entstehen, wenn der Erreger im Lebensmittel Zellzahlen von über  $10^6/g$  erreicht. Als Symptome treten nach einer Inkubationszeit von nur 2-4 h Erbrechen und Durchfall auf. Am stärksten wirkt Enterotoxin A mit einer emetischen Dosis von unter  $1 \mu g$ . (GRANUM et al., 1995). Eine Kontamination von Lebensmitteln mit Staphylokokken erfolgt vor allem bei mangelnder Personalhygiene durch staphylokokkentragende Menschen (Nasensekret, Hustenaerosole, Partikel von infizierten Wunden). Betroffene Lebensmittel sind z.B. Fleischgerichte, Schinken, Milch und Milcherzeugnisse, Cremes, Kuchenfüllungen und Teigwaren. Wegen des geringen „Durchsetzungsvermögens“ der Staphylokokken spielen v.a. Produkte, die erst nach einer die Begleitflora abtötenden Behandlung mit diesen Keimen kontaminiert worden sind, eine bedeutende Rolle neben solchen mit niedriger Wasseraktivität (MINOR und MARTH, 1972).

### 2.3.1.4 Escherichia coli

Als natürlicher Bewohner des Dickdarms bei Mensch und Tier kommt *E. coli* in Mengen von  $10^5$ - $10^9/g$  Stuhl vor. Es handelt sich um ein gramnegatives, fakultativ anaerobes, Oxidase-negatives Stäbchen, welches als einziges unter den Enterobakteriazeen eine positive Indolreaktion aufweist. Die Übertragung erfolgt i.d.R. über die Kette Mensch – Lebensmittel – Mensch, besonders bei Mängeln in der Personal- oder Betriebshygiene. Einige invasive und toxinbildende Stämme führen zu Durchfallerkrankungen. Zu diesen enterovirulenten *E. coli* gehören (ICMSF, 1996; BOCKEMÜHL et al., 1998; DOYLE und PADHYE, 1989; NATARO und KAPER, 1998; KAPER und O'BRIEN, 1998):

- enteropathogene *E. coli* (EPEC)
- enteroinvasive *E. coli* (EIEC)
- enterotoxinbildende *E. coli* (ETEC)
- enterohämorrhagische bzw. Shigatoxin-bildende *E. coli* (EHEC bzw. STEC)
- enteroaggregative *E. coli* (EAEC)

**EPEC** führen bei Kleinkindern zur Diarrhöe und bei Erwachsenen zu lebensmittelbedingten Gastroenteritiden. Nach einer Inkubationszeit von 17-72 h tritt heftiger Durchfall auf.

Das durch **EIEC** hervorgerufene Krankheitsbild ähnelt der Shigellose. Es kommt zur Bildung von geschwürigen Veränderungen und Granulozyten-Infiltrationen im Ileum, Caecum und Colon. Die Inkubationszeit beträgt 8-24 h.

**ETEC** sind die eigentlichen Erreger der „Reisediarrhöe“. Die wässrigen Durchfälle werden durch zwei Toxine verursacht. Das hitzelabile Toxin bindet an die Adenylatcyclase und bewirkt eine Anhäufung von cAMP. Dadurch wird die Sekretion der Kryptenzellen verstärkt und die Absorption von Wasser gehemmt, was zu einer starken Flüssigkeitsansammlung im Dünndarmlumen führt. Das hitzestabile Toxin aktiviert die Guanylatcyclase. Die Anhäufung von cGMP führt gleichfalls zu einer Flüssigkeitsansammlung im Darmlumen, hauptsächlich durch Behinderung der Absorption.

**EAEC** verursachen v.a. bei Kindern in den Tropen persistente Durchfälle. Eine Beteiligung an der Reisediarrhöe und an Lebensmittelinfektionen wird vermutet.

Die durch **EHEC** hervorgerufenen Lebensmittelvergiftungen äußern sich in Form einer hämorrhagischen Colitis. Bei Kindern treten zusätzlich das hämolytisch-urämische Syndrom (HUS) und thrombotisch-thrombozytopenische Purpura (TTP) als Komplikationen auf. Ursache für die Pathogenität des Erregers ist u.a. die Fähigkeit zur Bildung der zytotoxischen Shigatoxine 1 und 2. Von Bedeutung sind aufgrund ihrer Virulenz meist E. coli der Sero-Gruppe O157 (Serovare O157:H7 und O157:H-).

Während für EHEC die minimale infektiöse Dosis bei unter 100 Keimen liegt, gelten für die anderen enterovirulenten E. coli  $10^6$  bis  $10^{10}$  Keime als krankheitsauslösend.

### 2.3.1.5 **Bacillus cereus**

*Bacillus cereus* ist ein grampositives, aerobes, jedoch fakultativ anaerobes Stäbchen mit peritricher Begeißelung, welches zentral oder subterminal gelegene, ovale Endosporen aufweist, die nicht zu einer Schwellung des Zelleibes führen. Der Keim kommt sowohl im Erdboden und Wasser als auch in zahlreichen Lebensmitteln vor, zu denen Cerealien, Gewürze, Suppen, Milch und Milcherzeugnisse gehören. *Bacillus cereus* ist mit einem sehr vielseitigen Enzymspektrum ausgestattet. Zum Lebensmittelverderb führen die Wirkungen v.a. von Hydrolasen, Proteinasen, eine Lecithinase sowie eines Phospholipase C-Systems. Seine Bedeutung als Verursacher von Lebensmittelvergiftungen basiert auf einem Diarrhöe auslösenden Enterotoxin sowie zwei Erbrechen verursachenden Toxinen. I.d.R. treten Erkrankungen des Magen-Darm-Traktes nach dem Verzehr von Speisen auf, die lange warm gehalten wurden. Diarrhöen stellen sich innerhalb von 30 min bis 3 h nach den Mahlzeiten ein, Erbrechen und Übelkeit meist erst nach 5 bis 6 h (BEUTLING und BÖTTCHER, 1998).

Bislang konnte noch keine MID festgelegt werden, das Risiko einer starken Toxinbildung besteht aber i.d.R. bei Keimzahlen über  $10^6$  KbE/g (OLM und SCHEIBNER, 1993).

### 2.3.1.6 Aeromonaden

Aeromonaden sind gramnegative, Oxidase- und Katalase-positive Stäbchen. Entscheidende lebensmittelhygienische Bedeutung erlangen sie durch die Bildung proteolytischer und lipolytischer Enzyme sowie der Fähigkeit, sich auch noch bei Kühlschranktemperaturen vermehren zu können. Sie sind ursprünglich Wasser- und Bodenkeime, können aber auch in Fleisch, Fisch, Geflügel, Eiern sowie Milch- und Milcherzeugnissen nachgewiesen werden (KIELWEIN, 1969). Aeromonaden verursachen eine als sog. „Reiswasser-Stuhl“ bekannte Gastroenteritis und mildes Fieber. Die MID liegt zwischen  $10^6$  und  $10^8$  Keimen/g. (GRANUM et al., 1995).

### 2.3.2 Markerorganismen

Bei den Markerorganismen wird zwischen Index-Organismen, die eine potentielle Gesundheitsgefährdung anzeigen (*E. coli*) und Indikator-Organismen, die auf eine unzureichende Betriebshygiene bzw. Rekontamination hinweisen (coliforme Keime und Enterobakteriazeen), unterschieden (SCHMIDT-LORENZ und SPILLMANN, 1988). BAUMGART (2001) ordnet den Indikator-Organismen zusätzlich noch die Enterokokken hinzu.

#### 2.3.2.1 Coliforme

Zu den coliformen Bakterien gehören die Gattungen *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* und *Citrobacter*. Es sind gramnegative, aerobe bzw. fakultativ anaerobe Stäbchen, die Lactose unter Gas und Säurebildung fermentieren (HITCHINS et al., 1995). SCHMIDT-LORENZ und SPILLMANN (1988) sind der Auffassung, dass die Coliformen als Indikatorkeime für eine fäkale Verunreinigung stark überschätzt werden, da häufig psychrotrophe Stämme und somit Coliforme nicht fäkalen Ursprungs isoliert werden. Dagegen besitzt diese Mikroorganismengruppe ausgezeichnete Indikatorfunktionen für Rekontaminationen und unzureichende Betriebshygiene.

### 2.3.2.2 Enterobakteriazeen

Enterobakteriazeen sind gramnegative, Oxidase-negative Stäbchen, die Glucose fermentieren und Nitrat zu Nitrit reduzieren. Ihnen gehören neben den coliformen Bakterien u.a. die Gattungen Hafnia, Proteus, Salmonella, Serratia, Shigella und Yersinia an (HOLT et al., 1994). Da einige pathogene Enterobakteriazeen, im Gegensatz zu *E. coli* und den coliformen Keimen, gegenüber Behandlungsverfahren wie Bestrahlung, milde Erhitzung, Gefrieren und Trocknen eine gute Resistenz aufweisen, ist der Nachweis der Enterobakteriazeen als Indikator für eine unzureichende Behandlung der Coliformen-Bestimmung vorzuziehen (SCHMIDT-LORENZ und SPILLMANN, 1988).

### 2.3.2.3 Enterokokken

Enterokokken kommen im Darmkanal von Mensch und Tier vor (MURRAY, 1990). Andererseits gehören sie zur Normalflora von Rohwürsten, Pökelfleisch und Sauermilcherzeugnissen, weshalb sie in diesen Lebensmitteln nicht als Anzeichen einer fäkalen Verunreinigung gelten dürfen (BgVV, 2002). Sie wurden früher den Streptokokken der Gruppe D zugerechnet. SCHLEIFER und KILPPER-BÄLZ (1984) schlugen aufgrund molekularer Taxonomie-Daten die Zuordnung von *Streptococcus faecalis* und *faecium* in die Gattung Enterococcus vor. Nach und nach wurden immer mehr Streptokokken in diese Gattung eingruppiert, so dass sie derzeit 25 biochemisch unterscheidbare Spezies umfasst (BgVV, 2002).

DEVRIESE et al. (1993) beschäftigten sich mit der biochemischen Differenzierung der Enterokokken. Sie zeichnen sich gegenüber anderen Katalase-negativen, grampositiven Kokken durch ihre Wachstumsfähigkeit auch bei 10 und 45 °C in 6,5 %iger NaCl-Bouillon sowie bei einem pH-Wert von 9,6, die Anwesenheit des Lancefield Gruppe D-Antigens und ihre relativ hohe Hitzeresistenz aus.

#### 2.3.2.3.1 Vancomycinresistente Enterokokken

*Enterococcus faecalis* und *faecium* besitzen als Erreger von Infektionen die größte klinische Bedeutung (KLARE und WITTE, 1997). Desweiteren werden sie auch am häufigsten aus Lebensmitteln isoliert. Von besonderem Interesse bei den Enterokokken ist ihre Resistenz gegenüber zahlreichen Antibiotika. Bislang konnten allerdings trotz ausgeprägter Antibiotikaresistenz insbesondere bei Patienten mit Penicillin-Allergie Glykopeptide, wie Vancomycin und

Teicoplanin, erfolgreich zur Behandlung von Enterokokken-Infektionen eingesetzt werden. Seit dem Ende der 80er Jahre nimmt allerdings die Häufigkeit der Glykopeptidresistenz dieser Bakterien zu, wobei speziell die USA betroffen sind, während in Europa die Situation noch relativ günstig aussieht. Als eine mögliche Ursache für die Resistenzzunahme betrachten sowohl KLARE und WITTE (1997) als auch das BgVV (1996) die Verwendung des inzwischen nicht mehr zugelassenen Glykopeptid-Antibiotikums Avoparcin als Leistungsförderer bei Geflügel und Schweinen. KLARE und WITTE unterscheiden 6 verschiedene Glykopeptidresistenzen bei Enterokokken (VanA, VanB, VanC-1, VanC-2, VanC-3 und VanD), wobei klinische Bedeutung in erster Linie der VanA-Typ aufgrund der Kreuzresistenz zwischen Vancomycin, Teicoplanin und Avoparcin besitzt. Hauptreservoir dieses Typs bildet *E. faecium*, gefolgt von *E. faecalis*.

### **2.3.3 Verderbniserreger**

#### **2.3.3.1 Pseudomonaden**

Pseudomonaden sind obligat aerobe, Oxidase-positive, gramnegative Stäbchen. Sie besitzen die Fähigkeit, sich auch noch bei niedrigen Temperaturen zu vermehren und können so selbst bei strikter Kühlung zum proteolytischen und lipolytischen Verderb von Lebensmitteln führen (ICMSF, 1996). Ebenso wie Aeromonaden sind Pseudomonaden ursprünglich Wasser- und Bodenkeime, die durch kontaminiertes Brauchwasser in Lebensmittel gelangen. Die Hauptkontaminationsquelle bilden jedoch ungenügend gereinigte Gerätschaften. Sie kommen in Milch und Milchprodukten, Fleisch, Fisch, Geflügel sowie Eiern vor (KIELWEIN, 1969).

#### **2.3.3.2 Sulfitreduzierende Anaerobier**

Clostridien sind grampositive bis gramvariable, anaerobe, Katalase-negative Stäbchen, die unter anaeroben Bedingungen Sporen bilden. Sie finden sich im Erdboden und im Darmkanal von Mensch und Tier. Enthalten Lebensmittel nicht bereits vor ihrer Gewinnung Clostridien, so erfolgt eine Kontamination meist über eine Verschmutzung mit Staub oder Fäkalien. Ihre lebensmittelhygienische Bedeutung besteht einerseits darin, dass sie aufgrund von proteolytischen und/oder saccharolytischen Enzymen zum Verderb führen, und dass andererseits einige pathogene Arten, wie z.B. *Cl. perfringens* und *Cl. botulinum*, Lebensmittelvergiftungen hervorrufen (ICMSF, 1996).

### 2.3.3.3 Aerobe Milchsäurebakterien und Laktobazillen

Milchsäurebakterien stellen eine sehr heterogene Gruppe grampositiver, Katalase-negativer Mikroorganismen dar. Zu ihnen gehören u.a. die Genera *Lactobacillus* (nicht sporenbildende Stäbchen), *Leuconostoc* (kokkoide Zellen), *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus* (Diplo- oder Kettenkokken) und *Pediococcus* (kleine Paketkokken; L 06.00-35, Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG). Sie kommen auf Pflanzen sowie im Darmkanal von Mensch und Tier vor und können bei unkontrollierter Vermehrung zum Verderb von Lebensmitteln führen. Unter kontrollierten Bedingungen werden Milchsäurebakterien dagegen vielfach als Starterkulturen einer ganzen Reihe von zu reifenden Lebensmitteln zugesetzt, um diesen Produkten die gewünschte Beschaffenheit zu verleihen, wie z.B. Rohwurst, Schinken, Käse, Joghurt, Sauerkraut u.v.m. (WOOD und HOLZAPFEL, 1995; SALMINEN und von WRIGHT, 1998).

### 2.3.3.4 Mikrokokken

Mikrokokken sind grampositive und Katalase-positive Kokken. Sie gehören zu den typischen Haut- und Schleimhautbesiedlern bei Mensch und Tier und gelten generell als apathogen. Nur ganz gelegentlich rufen sie Infektionen hervor (HAHN, 1994). Unter kontrollierten Bedingungen werden sie als Starterkulturen bei der Reifung von Rohwürsten eingesetzt (LÜCKE und HECHELMANN, 1986; CORETTI, 1977).

### 2.3.3.5 Hefen und Schimmelpilze

Die weit verbreiteten Hefen und Schimmelpilze sind im Erdboden, auf Pflanzen, Tieren, der Haut und in Lebensmitteln zu finden. Einige Arten werden zur Herstellung von Nahrungsmitteln verwendet. Aber gerade bei den Hefen führen viele Spezies durch Gärung zum Verderb, während andere sogar als pathogen gelten (SMITH und YARROW, 1995). Zahlreiche Schimmelpilze können Stoffwechselprodukte, sogenannte Mykotoxine, synthetisieren, die für Mensch und Tier giftig sind. Dazu zählen z.B. Aflatoxine, Ochratoxine, Ergotalkaloide sowie Zearalenon, die karzinogene, hepato-, nephro- und neurotoxische Wirkungen besitzen, aber auch zu Aborten oder Sterilität führen können (SAMSON et al., 1995).