

5 DISKUSSION

5.1 Qualitätsniveau geräucherter vakuumverpackter Forellenfilets auf Produktions- und Handelsebene

Die Untersuchungen zur vergleichenden Bestimmung der Produktqualität zeigten, daß die im Groß- und Einzelhandel gezogenen, mithin bereits gelagerten Proben gegenüber Produkten aus Herstellerbetrieben sowohl hinsichtlich des Genußwertes als auch der hygienischen Beschaffenheit deutlich unterlegen sind.

Hinsichtlich des Gesamtkeimgehaltes bewegten sich die Forellenfilets auf Handelsebene auf einem relativ einheitlichen Niveau. So lag der Median der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl bei $\log 6,80$ KbE/g (Einzelhandel) bzw. $6,38$ KbE/g (Großhandel). Insgesamt erreichten knapp zwei Drittel der Proben aus Einzel- und Großhandel Keimgehalte von $\geq 10^6$ KbE/g (Tab. 16, Abb. 6).

KOLLOWA und SCHULENBURG (1997) fanden durchschnittliche Gesamtkeimzahlen von $\log 5,35$ KbE/g in 11 stichprobenhaft im Handel gezogenen Räucherforellenfilets. Über höhere mikrobielle Belastungen berichteten KLEICKMANN und SCHELLHAAS (1979) sowie SCHULZE und ZIMMERMANN (1983). Bei ihren Statusanalysen wiesen 91 % (n=11) bzw 92 % (n=12) der Proben Keimgehalte von über 10^6 KbE/g auf. Diese Diskrepanzen sind möglicherweise darauf zurückzuführen, daß zum Zeitpunkt dieser Untersuchung längere Haltbarkeitsfristen üblich waren und die Ware teilweise ungekühlt aufbewahrt wurde. Ähnliche Befunde publizierten auch JÖCKEL et al. (1986), die in geräucherten Forellenfilets aus dem Handel (n=46) eine mittlere Keimzahl von über 10^7 KbE/g feststellten. Neuere Untersuchungen aus Kanada und Finnland erbrachten deutlich niedrigere Gesamtkoloniezahlen. DODDS et al. (1992) ermittelten bei 77 % der Proben aus dem Einzelhandel Gesamtkeimzahlen von $< 10^5$ KbE/g, nach Erhebungen von LYHS et al. (1998) stellte sich die hygienische Situation derartiger Erzeugnisse sogar noch günstiger dar (Keimgehalte von $< 10^3$ KbE/g bei 55 % der Proben).

Nach den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung wird das bakteriologische Profil dominiert von Laktobazillen mit einem Median von $x_{50} = \log 3,73$ KbE/g (Einzelhandel) bzw. $x_{50} = \log 2,15$ KbE/g (Großhandel) sowie Pseudomonaden mit Medianwerten von $x_{50} = \log 4,04$ KbE/g (Einzelhandel) bzw. $x_{50} < \log 2,0$ KbE/g (Großhandel, aber $x_{75} = \log 5,02$ KbE/g). Coliforme Keime wurden aus 41 % der im

Einzelhandel gezogenen Proben ($x_{\max.} = \log 7,11 \text{ KbE/g}$) und aus 25 % der Forellenfilets aus dem Großhandel ($x_{\max.} = \log 7,77 \text{ KbE/g}$) isoliert. Hefen waren in 87 % (Einzelhandel) bzw. 68 % (Großhandel) der Proben nachweisbar, allerdings in deutlich geringeren Keimkonzentrationen (Abb. 7 und 8). Der Vergleich der vorliegenden Ergebnisse mit entsprechenden Publikationen ist häufig nur mit Einschränkungen möglich, da bezüglich der Art des Probenmaterials und der Auswahl der Nährmedien z. T. erhebliche Unterschiede bestanden. So untersuchten KLEICKMANN und SCHELLHAAS (1979) nur unverpackte Erzeugnisse, während SCHULZE und ZIMMERMANN (1983), JÖCKEL et al. (1986) sowie KOLLOWA und SCHULENBURG (1997) bestimmte Keimgruppen wie z.B. Pseudomonaden, Laktobazillen nicht erfaßten (vgl. 2.2.6).

Ein deutlich höheres Qualitätsniveau wiesen erwartungsgemäß direkt in Herstellerbetrieben entnommene Proben auf. Bei einer mittleren Gesamtkeimzahl von $x_{50} = \log 3,10 \text{ KbE/g}$ erreichten nur 14 % der Proben Werte von $\geq 10^6 \text{ KbE/g}$ (Abb. 6). Neben Laktobazillen zählten insbesondere die Hefen zur obligaten Flora, während Pseudomonaden nur bei Produkten mit Gesamtkeimzahlen $> 10^5 \text{ KbE/g}$ vorkamen. Coliforme Keime ließen sich lediglich in 2 Proben nachweisen (Abb. 9).

Auch von anderen Autoren wurden bei frisch geräucherten Forellenfilets mittlere Keimgehalte zwischen 10^2 und 10^3 KbE/g ermittelt (KLEICKMANN und SCHELLHAAS, 1979; KRÜGER, 1982; ZORN, 1992; vgl. 2.2.2).

Besondere Aufmerksamkeit verdient das Vorkommen von Listeria monocytogenes in den untersuchten Räucherforellenfilets. Während nur 2 Proben (= 7 %) aus Herstellerbetrieben *L. monocytogenes* enthielten (jeweils $< 10^2 \text{ KbE/g}$), betrug die Nachweisrate bei geräucherten Forellenfilets aus dem Handel 31 %. Davon war über die Hälfte der Proben mit Keimgehalten von $> 10^2 \text{ L. monocytogenes/g}$ belastet, und zwar bewegten sich 42 % im Bereich 10^2 - $10^4 \text{ L. monocytogenes/g}$, bei 12 % wurden sogar mehr als $10^4 \text{ L. monocytogenes/g}$ nachgewiesen. Diese im Vergleich zu anderen Erhebungen auffällig hohe Nachweisrate liegt z. T. darin begründet, daß sich insbesondere die Produkte von zwei Herstellern als massiv mit *L. monocytogenes* kontaminiert erwiesen. Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse mußten bestimmte Herstellungschargen aus dem Handel zurückgerufen werden.

Von anderen Autoren wurden für die Gruppe der heißgeräucherten Fischerzeugnisse Isolierungsraten zwischen 8 % und 12 % angegeben (JEMMI, 1990b; HARTEMINCK und GEORGSSON, 1991; DILLON et al. 1992; JEMMI, 1993). Geräucherte Forellen-

filets waren Untersuchungen von JEMMI (1990b) zufolge zu 11 % mit *L. monocytogenes* kontaminiert. Eine geringfügig höhere Belastung ermittelten TEUFEL und BENDZULLA (1994) im Rahmen einer bundesweiten Erhebung, nach der 14,4 % der untersuchten Räucherforellen (n=56) *L. monocytogenes* enthielten. In Übereinstimmung mit den vorliegenden Ergebnissen fanden sich bei der quantitativen Bestimmung hohe Listeriengehalte. Bei einem Viertel der positiven Proben lagen Keimzahlen zwischen 10^2 und 10^4 *L. monocytogenes*/g vor, bei 37,5 % sogar über 10^4 KbE/g.

Hinsichtlich der Serovarverteilung der isolierten *L. monocytogenes*-Stämme dominierte in der vorliegenden Arbeit der Serotyp 1/2b (76 %) vor 1/2a (20 %) und 3a (4 %). Dieser Befund deckt sich weitgehend mit den Ergebnissen anderer Autoren, welche in Räucherfischen überwiegend die Serotypen 1/2b und 1/2a bestimmten. Der häufig im Zusammenhang mit Massenerkrankungen nachgewiesene Serotyp 4b wurde bei Räucherforellen bisher nicht beobachtet, konnte dagegen aber regelmäßig aus Räucherlachs isoliert werden (GUYER und JEMMI, 1990; JEMMI, 1990b; LONCAREVIC et al., 1996).

Die vorliegenden Ergebnisse stimmen insofern bedenklich, als geräucherte Forellenfilets zu der Gruppe der verzehrfertigen Lebensmittel gehören, die meist ohne weitere Hitzebehandlung konsumiert werden und zuvor eine Vermehrung von *L. monocytogenes* zulassen. Selbst bei geringen Listerienzahlen muß nämlich aufgrund der langen Haltbarkeitsfristen (z.T. über 3 Wochen, vgl. 4.1) damit gerechnet werden, daß bis zum Ende des Mindesthaltbarkeitsdatums der vom BgVV (2000) als kritisch eingestufte Wert von $> 10^2$ *L. monocytogenes*/g erreicht oder überschritten wird.

Auch bei der **sensorischen Bewertung** der Räucherforellenfilets ließen sich an verschiedenen Punkten der Herstellungs- und Vertriebskette deutliche Qualitätsunterschiede erkennen. Unterhalb der DLG-Prämierungsgrenze von $\leq 3,9$ Punkten lagen lediglich 11 % der Proben aus Herstellerbetrieben, während auf den folgenden Stufen 23 % (Großhandel) bzw. 30 % (Einzelhandel) der Proben in diese Kategorie entfielen.

Zwischen dem sensorischen Befund und den mikrobiologischen Parametern bestand allerdings keine statistisch signifikante Korrelation (vgl. 4.1.2). Diese Feststellung deckt sich mit den Ergebnissen von RAKOW (1977), KRÜGER (1982) und ZORN (1992). Daß häufig trotz hoher Keimbelastung ($> 10^6$ KbE/g) – insbesondere beim Vorkommen von Laktobazillen, seltener bei hohen Gehalten an coliformen Keimen (vgl. Tab. 21) – keine organoleptischen Mängel auftraten, läßt sich einerseits durch das oftmals intensive

Raucharoma erklären (KARNOP, 1980c; ZORN, 1992). In diesem Zusammenhang sind möglicherweise auch Untersuchungen von LEISNER (1992) und TRUELSTRUP HANSEN (1995) von Bedeutung, die über ausschließlich von bestimmten Milchsäurebakterien-Spezies verursachten Verderberscheinungen berichten.

Die Marktanalyse belegt ein unbefriedigendes Qualitätsniveau von im Groß- und Einzelhandel angebotenen geräucherten Forellenfilets. Die folgenden Untersuchungen befassen sich mit der Überprüfung der Aufbewahrungsbedingungen im Handel, da die Lagertemperatur neben der Produktionshygiene wesentlichen Einfluß auf die Qualität der Erzeugnisse nimmt.

5.2 Lagertemperaturen in Kühlmöbeln des Handels

Über die Dauer von mehreren Tagen durchgeführte kontinuierliche Temperaturmessungen ergaben in 75 % der geprüften Kühleinrichtungen z. T. gravierende Abweichungen von den Lagertemperaturen, wie sie seitens der Hersteller für vakuumverpackte Räucherforellenfilets vorgegeben waren. Der Vergleich der vorliegenden Ergebnisse mit Literaturdaten ist jedoch auf Grund der Tatsache, daß den entsprechenden Publikationen ausschließlich punktuelle Einzelmessungen zugrunde liegen, nur mit großer Zurückhaltung möglich. Zudem unterschieden sich die Erhebungen hinsichtlich der Art der geprüften Lebensmittel.

Trotz dieser Einschränkungen bestätigen die Untersuchungen verschiedener Autoren die Vermutung, daß ein großer Teil der Kühlmöbel die gesetzlichen Temperaturvorgaben für die Lagerung der angebotenen Lebensmittel nur unzureichend bzw. gar nicht erfüllt. So ermittelten MURMANN und HÄGER (1987) lediglich bei 12,5 % der Hackfleischportionen in Kühltheken Kerntemperaturen von unter 4 °C. Bei Temperaturmessungen an Frischfleisch in Bedienungstheken stellten BOHN und GROSSKLAUS (1979) fest, daß die maximale Lagertemperatur von 7 °C nur in einem von 10 Lebensmittelbetrieben eingehalten wurde. In Dänemark überschritten 54 % der Produkte in den oberen Regalbereichen die empfohlene Temperatur von 5 °C, bei 10 % wurden sogar > 9 °C gemessen (BØGH-SØRENSEN, 1980). Im Rahmen der amtlichen Lebensmittelüberwachung in Deutschland wurden bei Räucherfischprodukten Lagertemperaturen von bis zu 15 °C ermittelt (MITTEILUNG DER REGIERUNG DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND,

1997). Langzeitmessungen in Tiefkühlmöbeln des Handels führte bisher nur SAUER (1996) durch; dabei wurden in offenen Verkaufstruhen insbesondere während der Abtauvorgänge starke Temperaturschwankungen festgestellt mit der Folge, daß der Grenzwert von - 18 °C häufig mehrmals täglich um bis zu 13 °C überschritten wurde.

Das im Rahmen der vorliegenden Arbeit beschriebene Problem der unzureichenden Kühlung manifestierte sich überwiegend in zwei unterschiedlichen Temperaturverlaufprofilen. Zum einen wurden über die gesamte Messdauer relativ gleichbleibende Temperaturen mit nur geringfügigen Schwankungen beobachtet, die jedoch teilweise deutlich über der jeweils deklarierten Aufbewahrungstemperatur lagen. Dieses Phänomen war überwiegend auf ungenügende Kühlmaßnahmen wie zu schwach eingestellte Kühlaggregate zurückzuführen. Insofern konnten die Ergebnisse von MURMANN und HÄGER (1987) bestätigt werden. In anderen Kühlregalen waren die Forellenfilets sehr starken Temperaturschwankungen ausgesetzt, wobei Überschreitungen der vorgeschriebenen Lagertemperatur hauptsächlich während der Abtauphasen auftraten. Solche Mängel im Kühlregime bildeten häufig die Folge einer nicht den Erfordernissen angepassten Steuerung von Kühl- und Abtauzeiten und traten v.a. in Kühlmöbeln auf, in denen nur 1-2 Abtauphasen pro Tag geschaltet waren. Auch BØGH-SØRENSEN (1971/1980) registrierte ungenügende Kühlung besonders in Kühlregalen mit längeren Abtauvorgängen, in deren Verlauf die Produkttemperaturen um 2-5 °C anstiegen und erst nach 3-4 Stunden auf das Ausgangsniveau zurückkehrten.

Bei zwei der geprüften Kühlregale waren außerdem negative Auswirkungen auf die Lagertemperatur durch eine zeitlich ungünstige Kombination verschiedener Steuerungsmechanismen zu verzeichnen. So setzten die Abtauphasen mit Beginn der Verkaufsperiode zu einem Zeitpunkt ein, an dem es durch das Entfernen der Nachtdeckung (Rolläden) und das gleichzeitige Einschalten der Beleuchtung ohnehin zu einem deutlichen Anstieg der Umgebungstemperatur kam. Als Folge verblieb die Produkttemperatur nach Beendigung des Abtauvorgangs bis zum Ladenschluß auf einem erhöhten Niveau. Eine weitere Wärmebelastung entstand in den oberen Regalen einiger Kühlmöbel durch die Beleuchtungsröhren, ein Effekt, der auch von BØGH-SØRENSEN (1971) sowie BOHN und GROSSKLAUS (1979) beschrieben wurde.

Außerdem wurden die Produkttemperaturen in erheblichem Maße durch die Lokalisation der Ware innerhalb der Kühleinrichtungen beeinflusst. Bei stufenweise übereinander angeordneten Regalfächern herrschten meist in verschiedenen Abschnitten unterschied-

liche Temperaturen. Höhere Produkttemperaturen traten überwiegend in den oberen Etagen zumeist als Folge der Wärmeabstrahlung der Beleuchtungseinrichtungen auf sowie in den vorderen Regalbereichen mit zunehmender Entfernung von der Kaltluftzufuhr. Über ähnliche Beobachtungen berichteten sowohl MURMANN und HÄGER (1987), die Temperaturüberschreitungen vermehrt in den vorderen Abschnitten der untersuchten Kühltheken beobachteten, als auch BØGH-SØRENSEN (1971). Dieser Autor ermittelte zwischen oberen und unteren Regalbereichen Temperaturunterschiede von 8-9 °C. Die geschilderte Temperaturverteilung innerhalb der Kühlregale ist um so kritischer zu werten, als der Handel für Forellenfilets die Platzierung an der Regalfront aus Gründen der Verkaufsförderung bevorzugt.

Darüberhinaus ergaben die Untersuchungen, daß die Kühlkette während des Transports vom Großhandel zum Einzelhandel immer wieder unterbrochen wurde. Als kritische Phase erwies sich insbesondere die Zwischenlagerung im Einzelhandel bis zum Einräumen der Forellenfilets in die Kühlregale. BOHN und GROSSKLAUS (1979) stellten ähnliche Verfahrensmängel beim Transport des Frischfleisches vom Schlachthof zu den Verarbeitungsbetrieben sowie bei der Belieferung des Lebensmitteleinzelhandels fest.

Die Langzeitmessungen belegten andererseits, daß sich die deklarierte Lagertemperatur bei entsprechender Einstellung und Wartung der Kühlgeräte zweifelsohne einhalten läßt. Wie auch BOHN und GROSSKLAUS (1979) betonten, konnten auftretende Mängel ohne größere Schwierigkeiten technisch und organisatorisch abgestellt werden.

Unbedingte Voraussetzung für die Umsetzung der Temperaturvorgaben bildet jedoch die genaue Kenntnis des Temperaturverlaufes in den jeweiligen Kühlmöbeln. Weder stichprobenartig durchgeführte Einzelmessungen noch integrierte Temperaturanzeigen ergeben aussagekräftige Daten. Durch einmalige, an einer einzigen Stelle der Kühleinrichtung durchgeführte Temperaturmessungen lassen sich vor allem Abtauvorgänge und somit Zeitpunkt, Dauer und Ausmaß des Anstiegs der Produkttemperatur keineswegs erfassen. Somit bleibt auch die Beanstandung der Lagertemperatur durch die amtliche Lebensmittelüberwachung dem Zufall überlassen (SAUER, 1996).

Gemäß DIN 8966 müssen alle Verkaufskühlmöbel mit einem geeichten Temperaturmeßgerät ausgestattet sein. Im Verlauf dieser Untersuchung wurden aber Differenzen zwischen der angezeigten Kühltruhen- und der tatsächlichen Produkttemperatur ermittelt. Derartige Unterschiede sind vermutlich auf die Lage des Thermosensors in der Nä-

he des Verdampfers zurückzuführen, obwohl die o. g. Norm vorschreibt, daß der Temperaturfühler an einer Stelle anzubringen ist, welche eine der angegebenen Kühlmöbeltemperatur (= wärmste Temperatur bei der Temperaturprüfung nach DIN 8954 Teil 4) analoge Temperatur aufweist.

Im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrollmaßnahmen im Groß- und Einzelhandel stellt die Kühllagerung von vakuumverpackten geräucherten Forellenfilets einen Kontrollpunkt (CP) von entscheidender Bedeutung dar. Seine Einhaltung ist nur durch ein funktionierendes Qualitätsmanagement zu gewährleisten. Ein zuverlässiges Monitoring garantieren nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen jedoch nur Langzeitmessungen und die Aufzeichnung der Meßergebnisse mit Hilfe eines Temperatur-Datenspeichergerätes (logger). So sollten in Ergänzung der bisher üblichen Temperaturkontrolle (tägliches Ablesen der Anzeige) Temperaturlogger abwechselnd, z. B. nach dem „Rotationsprinzip“ in den verschiedenen Kühleinrichtungen eines Lebensmittelbetriebs eingesetzt werden. Auf diese Weise könnte in festgelegten Zeitabständen der Temperaturverlauf in jedem Kühlgerät über mehrere Tage zuverlässig überwacht sowie eventuelle Abweichungen erkannt und abgestellt werden.

Die Überprüfung der Lagertemperaturen im Handel hat gezeigt, daß vakuumverpackte Räucherforellenfilets häufig unter Bedingungen aufbewahrt werden, die sowohl das Wachstum von pathogenen Keimen ermöglichen als auch die Vermehrung der Verderbsflora begünstigen. Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Lagerversuche sollten die Auswirkungen der ermittelten Lagerbedingungen auf die Keimflora und damit auf Produktqualität und Haltbarkeit erfassen und beschreiben.

5.3 Lagerverhalten von vakuumverpackten geräucherten Forellenfilets

Aufgrund der Resultate aus den Erhebungen über die realen Kühltemperaturen im Lebensmittelhandel wurden vakuumverpackte Räucherforellenfilets bei konstanten Temperaturen von 3,5 °C (± 1 °C) und 11 °C ($\pm 0,5$ °C) aufbewahrt. Eine Kühllagerung bei 6 °C wurde dreimal täglich für jeweils eine Stunde durch eine Temperaturerhöhung auf 11 °C unterbrochen, um die in einigen Kühlregalen herrschenden, stark schwankenden Temperaturverläufe zu simulieren.

Ausgehend von einer mittleren aeroben Gesamtkeimzahl von $1,6 \times 10^2$ KbE/g setzte im Fall der Lagerung bei $3,5 \text{ }^\circ\text{C}$ eine signifikante Vermehrung erst nach Ablauf der 3. Woche ein, so daß am 26. Lagerungstag durchschnittliche Keimgehalte von $1,8 \times 10^7$ KbE/g erreicht wurden. Die $11 \text{ }^\circ\text{C}$ -Lagerung führte erwartungsgemäß zu einem sehr viel rascheren Anwachsen der Koloniezahlen. Beginnend mit einem Ausgangskeimgehalt von $2,3 \times 10^2$ KbE/g stieg die Keimzahl bereits am 8. Lagerungstag auf durchschnittlich 10^6 KbE/g. Die von einstündigen Erwärmungen auf $11 \text{ }^\circ\text{C}$ unterbrochene Aufbewahrung bei $6 \text{ }^\circ\text{C}$ bewirkte analog zu der $11 \text{ }^\circ\text{C}$ -Lagerung bereits im Intervall vom 5. zum 8. Lagerungstag ein deutliches Keimwachstum ($> 10^5$ KbE/g). Ein Keimniveau von $> 10^7$ KbE/g stellte sich allerdings erst nach Ablauf der 2. Woche (15. Tag) ein (Abb. 22).

Unabhängig von der Lagertemperatur war der Verderb der Forellenfilets in erster Linie auf die Vermehrung der Laktobazillen zurückzuführen, die sich simultan zur Gesamtkeimzahl entwickelten. Als Begleitflora traten mit fortschreitender Lagerdauer Hefen in den Vordergrund (10^3 - 10^4 KbE/g), während die Mikrokokkazeen nur bei hoher Temperatur ($11 \text{ }^\circ\text{C}$) nennenswerte Keimkonzentrationen zwischen 10^3 und 10^5 KbE/g erreichten (Abb. 23). Pseudomonaden und Enterobakteriaceen spielten als Verderbserreger keine Rolle.

Ähnliche Befunde hinsichtlich der Entwicklung des bakteriologischen Profils von geräucherten Forellenfilets publizierte SCHULZE (1985). Hohe Keimbelastungen von 10^6 KbE/g stellten sich nach 10tägiger Lagerung bei $10 \text{ }^\circ\text{C}$ und nach 21tägiger Lagerung bei $4 \text{ }^\circ\text{C}$ ein. In Übereinstimmung mit den vorliegenden Ergebnissen dominierten die Laktobazillen, Hefen und Enterokokken bildeten lediglich die Begleitflora.

In den von ZORN (1992) durchgeführten Versuchen befanden sich die Mikroorganismen in den bei $4 \text{ }^\circ\text{C}$ gelagerten Forellenfilets bereits nach dem 7. Tag in der logarithmischen Wachstumsphase, so daß nach knapp zwei Wochen Werte von 10^6 KbE/g erreicht wurden. Bei einer Lagertemperatur von $8 \text{ }^\circ\text{C}$ erfolgte der exponentielle Keimanstieg ab dem 4. Tag und führte bereits am 7. Tag zu Keimkonzentrationen von 10^6 KbE/g. Als Ursache für den rasanten Anstieg der Koloniezahlen zieht der Autor die heterogene Mikroflora in Betracht, die insbesondere psychrotrophe Mikroorganismen wie *Moraxella*, Pseudomonaden, *Carnobacterium*, *Brochothrix thermosphacta* sowie Hefen umfaßte. Ähnliche Daten ermittelte KRÜGER (1982) im Zusammenhang mit der Lagerung vakuumverpackter Räucherforellenfilets bei $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Im Verlauf der 2. Woche setzte eine signifikante Vermehrung ein, die bereits am 14. Tag zu einem mittleren Keimgehalt von

$2,8 \times 10^6$ KbE/g führte. Die raschere Entwicklung der Koloniezahlen ist vermutlich auf die höhere Ausgangskeimbelastung ($1,7 \times 10^4$ KbE/g) zurückzuführen.

Trotz hoher Gesamtkeimzahlen traten bei einem Drittel der im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersuchten Proben während des Lagerversuchs aufgrund der Dominanz von bitteren, rauchigen und z.T. teerigen Geschmackseigenschaften keine sensorisch manifesten Verderberscheinungen auf. Ähnliche Beobachtungen schilderten KARNOP (1980c), KRÜGER (1982) und ZORN (1992). Außerdem besteht bei Milchsäurebildnern eine Species-Abhängigkeit bei der Ausbildung von organoleptischen Veränderungen (LEISNER, 1992; TRUELSTRUP HANSEN, 1995). Bei einer Kühlung bei $3,5\text{ °C}$ traten im Rahmen eigener Untersuchungen mikrobiell bedingte sensorische Abweichungen in Form von säuerlichem Geruch und Geschmack nach 3 Wochen, bei höheren Lagertemperaturen (11 °C , 6 °C) bereits am 8. Tag auf.

Die Modell-Lagerversuche bestätigen die vom ROBERT-KOCH-INSTITUT (1997) und vom ARBEITSKREIS LEBENSMITTELHYGIENISCHER TIERÄRZTLICHER SACHVERSTÄNDIGER (1997) für Räucherfisch empfohlene Lagertemperatur von $< 4\text{ °C}$, womit sich eine gewährleistete Mindesthaltbarkeit von 21 Tagen verbindet. Die durch einstündige Erwärmungen auf 11 °C unterbrochene, und bei stichprobenartigen Einmalmessungen häufig als angemessen beurteilte Aufbewahrung bei 6 °C und die „offensichtlich“ unsachgemäße Lagerung bei konstanten Temperaturen von 11 °C ergeben überraschenderweise keinen Unterschied in der Lagerfähigkeit der Forellenfilets. In beiden Versuchsreihen setzt zwischen dem 5. und 8. Tag ein kräftiges Keimwachstum ein, parallel dazu treten schon am 8. Tag erste sensorisch relevante Verderberscheinungen auf.

Diese Ergebnisse belegen eine deutliche Verkürzung der unter Normalbedingungen bestimmten und erreichbaren Lagerfähigkeit durch unsachgemäße Kühlung. Besondere Aufmerksamkeit verdient dabei die Tatsache, daß häufige Temperaturschwankungen über die deklarierte Lagertemperatur hinaus den gleichen Haltbarkeitsverlust hervorrufen wie eine ständige Überschreitung der Lagertemperatur. Sie sind demnach ebenso kritisch zu beurteilen und durch geeignete Temperaturkontrollen (z. B. Langzeitmessungen mittels Datenlogger) aufzudecken und abzustellen.

Aus den Untersuchungen läßt sich weiterhin ableiten, daß die meisten Hersteller immer noch eine deutlich zu lang bemessene Mindesthaltbarkeitsfrist für vakuumverpackte

Räucherforellenfilets angeben, obwohl bereits verschiedene Autoren (KLEICKMANN und SCHELLHAAS, 1979; SCHULZE und ZIMMERMANN, 1983) auf zu großzügig deklarierte Haltbarkeitsspannen hinwiesen. So ergaben die vorliegenden Untersuchungen die Gewährleistung einer Haltbarkeit von über 2 Wochen bei der Anlieferung im Lebensmittelhandel durch jeden zweiten Hersteller. Mehr als 3 Wochen garantierte immerhin noch jeder achte. Ein Produzent erachtete seine Ware gar für 5 Wochen lagerfähig (vgl. 4.1).

Die in den Modellversuchen ermittelte **Lagerfähigkeit** von ca. 21 Tagen bei $< 4\text{ °C}$ ist nicht generell zu verallgemeinern, sondern als betriebsspezifisch anzusehen, da folgende haltbarkeitsbestimmende Faktoren zu berücksichtigen wären:

Das ausgewählte Probenmaterial wies einen geringen Anfangskeimgehalt von 10^2 KbE/g auf. Bei unzureichender Verarbeitungshygiene besteht eine höhere initiale Belastung mit Verderbniserregern (ca. 10^4 KbE/g; KRÜGER, 1982).

Weiterhin muß bei mangelhafter Produktionshygiene stets mit dem Vorkommen von pathogenen Mikroorganismen, insbesondere *L. monocytogenes*, gerechnet werden (vgl. 4.1.1).

Außerdem ist zu beachten, daß nicht nur im Handel sondern auch im Verbraucherhaushalt die optimale Lagertemperatur von $< 4\text{ °C}$ häufig nicht eingehalten wird. So wurden in Haushaltskühlschränken Durchschnittstemperaturen von $6,04\text{ °C}$ (JAMES, 1997) bzw. $7,24\text{ °C}$ (SCHULZE-VOHREN und FRIES, 1997) und 8 °C (SCHMIDT-LORENZ, 1990) gemessen (vgl. 2.5.4).

Überdies erfolgte die Lagerung im Modellversuch bei konstanten Temperaturen. Wie die Langzeitmessungen verdeutlichen (vgl. 4.2), muß dagegen im Handel mit Temperaturüberschreitungen, -schwankungen sowie Unterbrechungen der Kühlkette gerechnet werden.

Letztlich muß der Hersteller bei der Festlegung des Mindesthaltbarkeitsdatums jedoch nicht nur kurzfristige Überschreitungen der Lagertemperatur und Belastungen auf dem Transportweg gebührend berücksichtigen, sondern auch das unvermeidliche Anfassen und Zurücklegen der Ware durch den Kunden im Lebensmittelmarkt (ANONYMOUS, 1992).

Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Einflußfaktoren läßt sich bei Anwendung des "worst-case" Prinzips eine Einschränkung des Mindesthaltbarkeitsdatums auf ca. 14 Tage ableiten, sofern eine Lagertemperatur von max. 4 °C vorgegeben wird. Vergleichbare Empfehlungen gaben auch andere Autoren, die eine Haltbarkeit von 10 Ta-

gen bei 4 °C (ZORN, 1992) und von 10-12 Tagen bei 4-6 °C (SCHULZE, 1985) ermittelten. Während Distribution und Lagerung im Handel wird eine konsequente Kühlung bei max. 4 °C als essentiell erachtet, um die Vermehrung von Verderbniserregern und pathogenen bzw. toxinogenen Keimen zu minimieren und auf diese Weise einen vorzeitigen Verderb der Ware sowie eine potentielle Gesundheitsgefährdung des Verbrauchers zu verhindern.

Da geräucherte Forellenfilets aufgrund ihrer substantiellen Beschaffenheit (pH-Wert: 5,7 - 6,8; a_w -Wert: 96,5-97,2 %; NaCl-Gehalt: 2,03 %; vgl. 4.3) zu den leicht verderblichen Lebensmitteln zählen, erscheint außerdem die Angabe eines Verbrauchsdatums sinnvoll. Diese Forderung stützt sich auch auf die Tatsache, daß die Anwesenheit von pathogenen bzw. toxinogenen Mikroorganismen wie *L. monocytogenes* und *Cl. botulinum* Typ E für den Verbraucher am Ende der Mindesthaltbarkeit sensorisch nicht wahrnehmbar ist, da diese beiden Keime keine Verderbserscheinungen verursachen. Dieser Aspekt wird im nächsten Kapitel näher erörtert.

5.4 Bedeutung der Kühlung für den gesundheitlichen Verbraucherschutz

Nachdem in Abschnitt 5.3 die Auswirkungen der in der Praxis ermittelten unzureichenden Kühlmaßnahmen auf Produktqualität und Haltbarkeit von vakuumverpackten Räucherforellenfilets dargestellt wurden, soll im folgenden das Risiko einer Gesundheitsgefährdung durch **pathogene Keime** infolge unsachgemäßer Lagerung erörtert werden. Da während der Lagerversuche zu keinem Zeitpunkt Lebensmittelinfektions- oder -intoxikationserreger nachweisbar waren, muß bezüglich des Wachstumsverhalten der relevanten pathogenen Keime auf die verfügbare Literatur zurückgegriffen werden.

Aufgrund der Schwere des Krankheitsverlaufs und der hohen Mortalitätsrate kommt ***Cl. botulinum* Typ E** in vakuumverpackten Räucherforellenfilets die größte Bedeutung unter den Intoxikationserregern zu. Trotz seines ubiquitären Vorkommens in Gewässern (JOHANNSEN, 1963; BACH et al., 1971; HUSS und PEDERSEN, 1979; HUSS, 1980b) werden Sporen von *Cl. botulinum* Typ E aus vakuumverpackten Fischerzeugnissen nur sporadisch (3-8%) und in geringen Mengen isoliert; entsprechend selten treten Erkrankungen beim Menschen auf (ANONYMOUS, 1960; BAUMGART, 1970; HAYES et al., 1970; ROBERT KOCH INSTITUT, 1997; STENGEL, 1997).

Unter ansonsten optimalen Wachstumsbedingungen liegt die minimale Vermehrungstemperatur bei 3,3 °C (ICMSF, 1980). Als psychrotropher Keim ist *Cl.botulinum* Typ E grundsätzlich in der Lage, auch bei Kühltemperaturen zu wachsen, allerdings wird mit abnehmender Temperatur die Vermehrungsgeschwindigkeit immer geringer bzw. die lag-Phase bis zum Einsetzen der logarithmischen Vermehrung immer länger. Mit einem Wachstum von 1 auf 10⁴ KbE/g ist bei 4 °C innerhalb von 52 Tagen zu rechnen. Eine Erhöhung der Lagertemperatur auf 10 °C bewirkt bereits innerhalb von 10 Tagen einen Anstieg der Koloniezahlen um 4 Zehnerpotenzen (SCHMIDT-LORENZ, 1990). Toxinbildung läßt sich in Frischfisch bei 4 °C nach 27 Tagen beobachten, bei 10 °C schon nach 6 Tagen (BAKER und GENIGEORGIS, 1990). In einem bei 5-8 °C durchgeführten Lagerversuch trat in mit 10² Sporen kontaminierten Räucherforellenfilets Toxinbildung erstmalig nach 28 Tagen auf (DEHOF et al., 1989).

Die Erhebungen verdeutlichen das potentielle Risiko einer Vermehrung und Toxinbildung durch *Cl. botulinum* Typ E innerhalb der üblichen Haltbarkeitsfristen bei einer Lagertemperatur von 10 °C, wie sie in verschiedenen Kühlregalen des Handels ermittelt wurde. In der Terminologie des HACCP-Systems müßte man von einem nicht akzeptablen Risiko sprechen.

L. monocytogenes gilt zur Zeit als der bedeutendste Problemkeim in vakuumverpackten Räucherforellenfilets. Nach Literaturangaben liegen die Isolierungsraten bei 11-14 % (JEMMI, 1990b; TEUFEL und BENDZULLA, 1994). Gemäß den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit waren sogar 31 % der Handelsproben mit *L. monocytogenes* belastet (vgl. 4.1.1).

Wie auch *Cl. botulinum* Typ E ist *L. monocytogenes* bei Kühltemperaturen vermehrungsfähig, denn die minimale Wachstumstemperatur wird mit -0,4 °C angegeben (ICMSF, 1980). Bei Kühltemperaturen verläuft die Vermehrung allerdings nur sehr langsam. Nach Berechnungen von SCHMIDT-LORENZ (1990) dauert der Keimanstieg von 1 auf 10⁴ KbE/g bei 2 °C sechsunddreißig und bei 4°C sechsundzwanzig Tage. Diese Ergebnisse decken sich mit den Befunden von JEMMI und KEUSCH (1992), welche in kontaminierten Forellen bei 4 °C während 20 Tagen noch keine Vermehrung feststellen konnten. Eine Erhöhung der Lagertemperatur auf 8-10 °C führte nach 20 Tagen zu einem deutlichen Anstieg der Listerienzahl auf 10⁶ KbE/g. Unter Berücksichtigung der Dauer der lag-Phase und der Generationszeit wird nach Berechnungen von

SCHMIDT-LORENZ (1990) ein Keimniveau von 10^4 Kbe/g bei 5 °C bereits nach 19 Tagen erreicht, bei 6 °C nach 10 Tagen, bei 8 °C nach 7,4 Tagen und bei 10 °C nach 5,1 Tagen.

Die publizierten Daten gestatten bei Einhaltung der geforderten Kühltemperatur von max. 4°C während einer Lagerdauer von 3 Wochen nur eine geringe Vermehrung von *L. monocytogenes*. Bei einer – in Verkaufsregalen häufig registrierten – Lagertemperatur von > 5 °C (vgl. 4.2) kann sich *L. monocytogenes* hingegen in einer Weise vermehren, daß innerhalb weniger Tage eine Erregerkonzentration erreicht wird, die für bestimmte Verbrauchergruppen eine relevante Gefährdung bedeutet. Diese Befürchtung belegt eindrucksvoll ein Listeriose-Ausbruch in Finnland. Die Aufbewahrung von Räucherforellen im Handel bei Temperaturen um 10 °C führte dort zu einer Vermehrung von *L. monocytogenes* auf $> 10^5$ Kbe/g innerhalb von 17 Tagen (MIETTINEN et al., 1999).

Das Risiko einer Gesundheitsgefährdung beim Verzehr von vakuumverpackten Räucherforellenfilets erfordert präventive Maßnahmen, die eine Kontamination und Vermehrung der relevanten pathogenen (z. B. *L. monocytogenes*) und toxinogenen (z. B. *Cl. botulinum*) Keime verhindert oder auf ein vertretbares Maß reduziert. Diese Kontrollmaßnahmen müssen sich über die Zeitspanne von der Herstellung bis zur Abgabe an den Verbraucher erstrecken.

Im Produktionsbetrieb stellt die Prozeßstufe des Heißräucherns den einzigen kritischen Kontrollpunkt (CCP) dar. Als Grenzwerte sind die zur Hitzeinaktivierung notwendige Räuchertemperatur sowie die Räucherzeit festzulegen und zu beachten (Tab. 28). Nach dem Räuchern wären eine Rekontamination beim Filetieren und Abpacken unbedingt zu vermeiden, da *L. monocytogenes* und *Cl. botulinum* aufgrund der weitgehend eliminierten Konkurrenzflora, des Sauerstoffentzugs (Vakuumverpackung) und des psychrotrophen Wachstumsverhaltens einen deutlichen Selektionsvorteil besitzen. Obwohl das Vakuumieren aus bakteriologischer Sicht einen Risikofaktor darstellt, wird es aus Gründen der Qualitätserhaltung bei den leicht abtrocknenden Forellenfilets üblicherweise praktiziert.

Nach dem Ende des Herstellungsprozesses, d.h. mit Beginn der Auslieferung, stellt die Einhaltung der Kühlkette den entscheidenden Kontrollpunkt (CP) dar, um die Gefahr einer Vermehrung bzw. Toxinbildung von *Cl. botulinum* und *L. monocytogenes* zu mi-

nimieren. In Übereinstimmung mit anderen Autoren ist aufgrund der Psychrotrophie der Keime im Sinne eines vorbeugenden Verbraucherschutzes eine Kühltemperatur von max. 4 °C zu fordern (JEMMI und KEUSCH, 1992; JEMMI, 1993; LONCAREVIC et al., 1996; SIGYN, 1996; ROBERT KOCH INSTITUT, 1997; STENGEL, 1997).

Tab. 28: Empfohlene Räucher (Kern-)temperatur/-dauer zur sicheren Abtötung pathogener Mikroorganismen

Keimspezies	Zeit [min.]	Kern- temperatur [°C]	Autoren
<i>L. monocytogenes</i>	20	65	JEMMI und KEUSCH (1992)
	15	65	BEN EMBAREK (1994)
	einige	72	JEMMI (1990b)
<i>Cl. botulinum</i> Typ E	10	80	DEHOF et al. (1989), SPERBER (1982), WENZEL et al. (1971b)

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ist dem Kontrollpunkt „Lagertemperatur“ insbesondere im Lebensmittelhandel erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen. Zu diesem Zweck muß ein zuverlässiges Monitoring etabliert werden, welches auch Abtauvorgänge erfaßt und somit aussagekräftige Ergebnisse in Form von Temperaturverlaufdiagrammen liefert. Dieser Forderung werden weder stichprobenartige Einzelmessungen noch integrierte Temperaturanzeigen gerecht. Allein die mit einer Dokumentation der Meßwerte verbundenen Langzeitmessungen garantieren ausreichende Produktsicherheit.