

## 4 ERGEBNISSE

### 4.1 Qualitätsniveau von geräucherten, vakuumverpackten Forellenfilets aus dem Handel und aus Herstellerbetrieben

Die aus dem Handel gezogenen Proben stammten von 16 verschiedenen Herstellern. Da kein Produzent das Abpackdatum deklariert hatte, ist eine Aussage über die seitens des Betriebes vorgesehene Gesamt-Mindesthaltbarkeit nicht möglich. Bei Probeneingang betrug die Restlaufzeit in 15 % der Fälle mehr als zwei Wochen und zu 44 % mehr als eine Woche. Bei Anlieferung im Handel gewährleisteten 31 % der Hersteller eine Haltbarkeit von über einer, 50 % von über zwei und 13 % von über drei Wochen. Als Extrem fiel eine Forellentrücherei auf, die auch noch nach einer Lagerfrist von mindestens 35 Tagen die einwandfreie Qualität ihrer Ware zu garantieren können glaubte. Die 5 direkt beprobten Forellentrüchereien deklarierten eine Haltbarkeit von 10, 21 (n=2), 25 und 28 Tagen.

Die Angaben bezogen sich im allgemeinen auf eine Lagertemperatur von 2-7 °C (n=14); lediglich 6 der 21 Hersteller verlangten niedrigere Aufbewahrungstemperaturen von < 4 °C (n=3), 0-4 °C, 0-5 °C bzw. 0-6 °C. Der Produzent, der seine Ware mit einer Mindesthaltbarkeitsfrist von über 5 Wochen auszeichnete, forderte lediglich eine Kühlung bei 5-7 °C.

#### 4.1.1 Mikrobiologische Beschaffenheit

Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung von 148 vakuumverpackten, geräucherten Forellenfilets aus Einzelhandel (n=76), Großhandel (n=44) und Herstellerbetrieben (n=28) sind in Tab. 16 aufgeführt sowie in Abb. 6 graphisch dargestellt (detaillierte Angaben siehe Anhang Tab. 17 - 19).

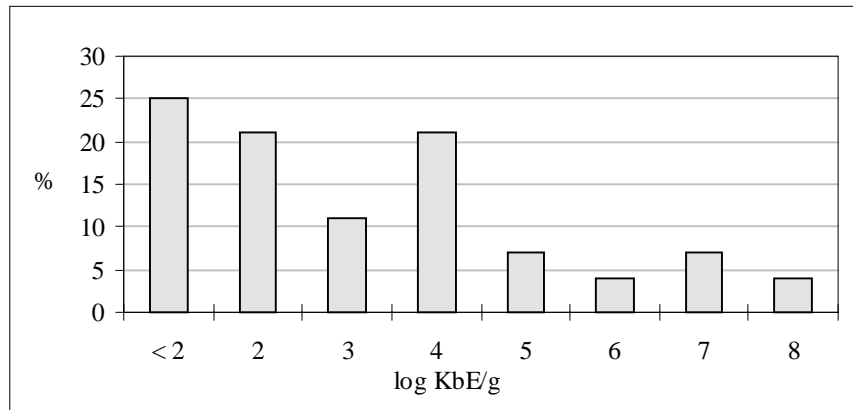
Die Proben aus dem Handel wiesen mittlere Gesamtkeimgehalte von  $x_{50} = \log 6,80$  KbE/g (Einzelhandel) bzw.  $x_{50} = \log 6,38$  KbE/g (Großhandel) auf, knapp zwei Drittel der Proben (65 % bzw. 64 %) bewegten sich in einem Bereich von über  $10^6$  KbE/g (Abb. 6). Im Gegensatz dazu erreichte die Gesamtkeimzahl bei 78 % der direkt beim Hersteller gezogenen Proben Werte zwischen  $< 10^2$  und  $5,1 \times 10^4$  KbE/g mit einem Median von  $x_{50} = \log 3,10$  KbE/g.

**Tab. 16: Koloniezahlen (log KbE/g) von geräucherten, vakuumverpackten Forellenfilets aus Einzelhandel (EH, n=76), Großhandel (GH, n=44) und Herstellerbetrieben (H, n=28) unter Angabe von Median ( $x_{50}$ ), Minimum ( $x_{\min}$ ), Maximum ( $x_{\max}$ ), 25%-Quantil ( $x_{25}$ ) und 75%-Quantil ( $x_{75}$ ) sowie Anzahl der Proben über der Nachweisgrenze ( $x/n$ )**

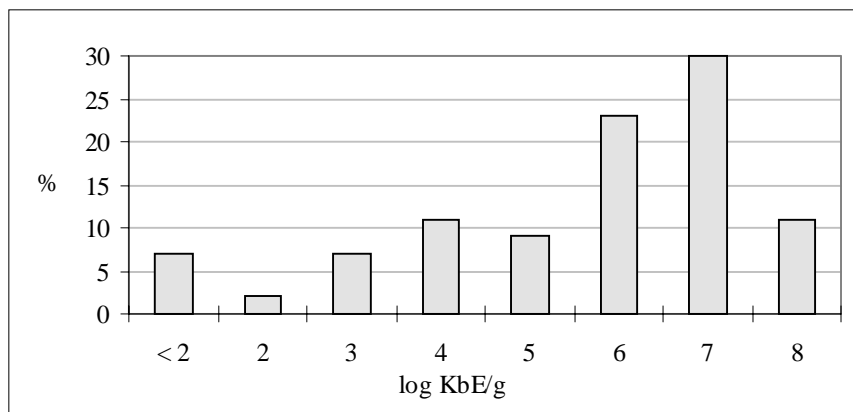
	Gesamtkeimgehalt			Laktobazillen			Pseudomonaden			Coliforme Keime			Hefen		
	<i>H</i>	<i>GH</i>	<i>EH</i>	<i>H</i>	<i>GH</i>	<i>EH</i>	<i>H</i>	<i>GH</i>	<i>EH</i>	<i>H</i>	<i>GH</i>	<i>EH</i>	<i>H</i>	<i>GH</i>	<i>EH</i>
<b><math>x_{\min}</math>.</b>	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
<b><math>x_{25}</math></b>	<2	4,57	5,03	<2	<2	2,62	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
<b><math>x_{50}</math></b>	3,10	6,38	6,80	<2	2,15	3,73	<2	<2	4,04	<2	<2	<2	2,06	2,90	3,28
<b><math>x_{75}</math></b>	4,61	7,62	7,66	2,27	5,14	4,53	<2	5,02	5,91	<2	<2	4,38	2,65	4,62	6,73
<b><math>x_{\max}</math>.</b>	8,46	8,45	8,97	6,28	7,96	8,04	7,94	7,36	8,15	6,20	7,77	7,11	5,63	6,23	6,76
<b><math>x/n</math></b>	21/28	41/44	72/76	9/28	23/44	45/76	5/28	21/44	50/76	2/28	11/44	31/76	18/28	30/44	66/76

**Abb. 6: Häufigkeitsverteilung der Gesamtkeimzahlen (in %) bei aus Hersteller-, Großhandels- und Einzelhandelsbetrieben bezogenen geräucherten Forellenfilets (n=148)**

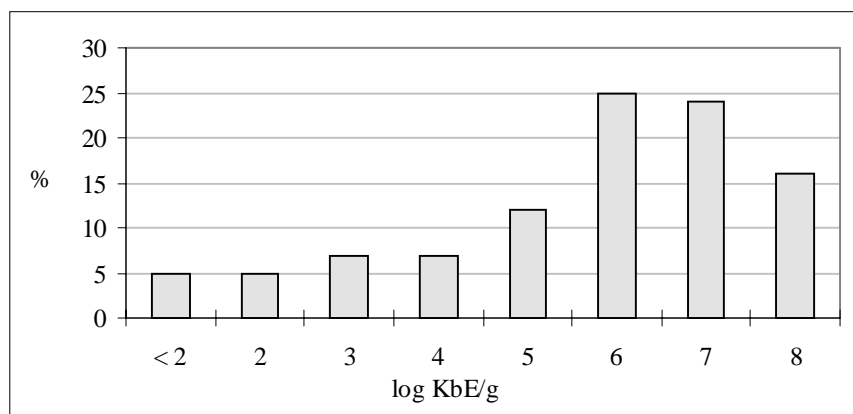
**Abb. 6a: Herstellerbetriebe**



**Abb. 6b: Großhandel**



**Abb. 6c: Einzelhandel**



Die Gesamtkeimzahl wurde bei Proben aus dem **Handel** durch die Zahl der Laktobazillen bestimmt, die in 59 % (Einzelhandel) bzw. 52 % (Großhandel) der Forellenfilets mit einem Median von  $x_{50} = \log 3,73 \text{ KbE/g}$  (Einzelhandel) bzw.  $x_{50} = \log 2,15 \text{ KbE/g}$  (Großhandel) vorkamen (Abb. 7a, 8a). Pseudomonaden wurden aus 66 % (Einzelhandel) bzw. 48 % (Großhandel) der Proben isoliert; sie bildeten mit einem Median von  $x_{50} = \log 4,04 \text{ KbE/g}$  (Einzelhandel) bzw.  $x_{50} < \log 2,0 \text{ KbE/g}$  (Großhandel, aber  $x_{75} = \log 5,02 \text{ KbE/g}$ ) die am stärksten vertretene gramnegative Keimgruppe (Abb. 7b, 8b).

Coliforme Keime fanden sich in 31 Forellenfilets (41 %) aus Einzelhandelsbetrieben mit einem Extremgehalt von  $x_{\max.} = \log 7,11 \text{ KbE/g}$ . 11 aus dem Großhandel gezogene Proben (25 %) enthielten coliforme Mikroorganismen in Mengen von höchstens  $x_{\max.} = \log 7,77 \text{ KbE/g}$  (Abb. 7c, 8c).

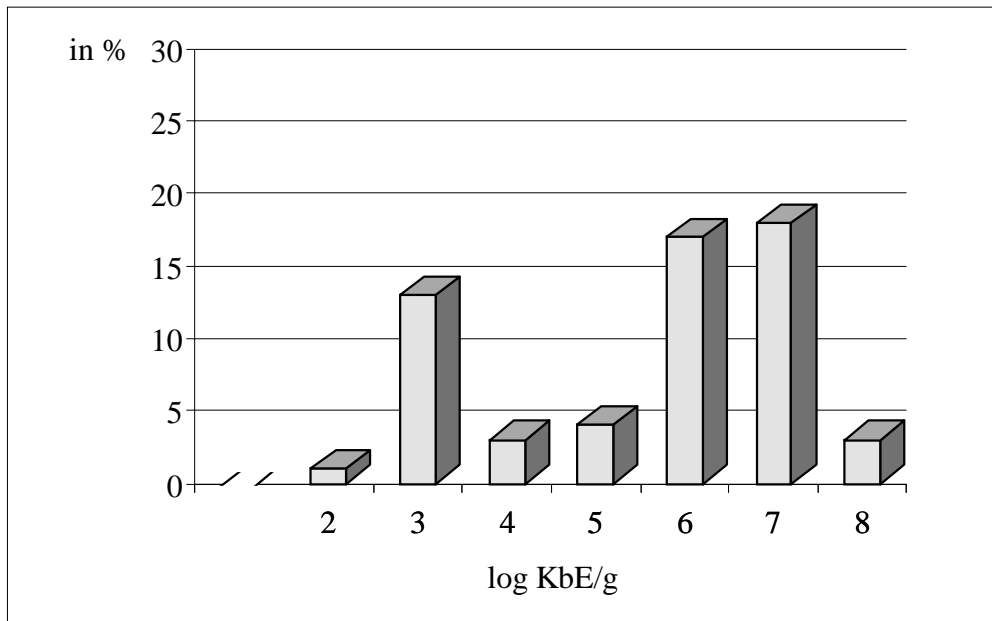
Eine weitere obligate Florakomponente bildeten die Hefen, die nur in 13 % (Einzelhandel) bzw. 32 % (Großhandel) der Proben nicht nachgewiesen werden konnten. Mit einem Median von  $x_{50} = \log 3,28 \text{ KbE/g}$  (Einzelhandel) bzw.  $x_{50} = \log 2,90 \text{ KbE/g}$  (Großhandel) fiel ihr Anteil am Gesamtkeimgehalt jedoch relativ gering aus (Abb. 7d, 8d).

Im Gegensatz dazu stellten Hefen mit einem Median von  $x_{50} = \log 2,06 \text{ KbE/g}$  ( $x_{\max.} = \log 5,63 \text{ KbE/g}$ ) die Hauptflorakomponente bei den Proben aus **Herstellerbetrieben** dar. Nur in 9 Proben (= 32 %) konnten Laktobazillen ( $x_{\max.} = \log 6,28 \text{ KbE/g}$ ) nachgewiesen werden. Die Pseudomonaden lagen entweder unter der Nachweisgrenze (82 %) oder erreichten Gehalte von über  $\log 5,0 \text{ KbE/g}$ . Coliforme Keime wurden lediglich aus 2 Proben isoliert (Abb. 9).

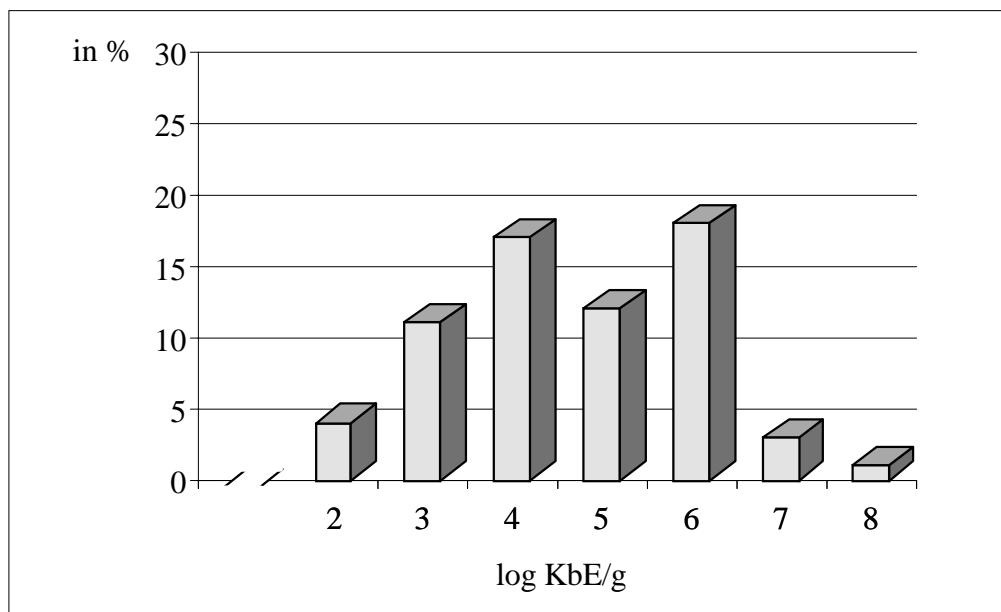
Bei den erfaßten Keimgruppen lagen Lebensmittelinfektions- bzw. -intoxikationserreger wie *S. aureus* und *B. cereus* stets unter der Nachweisgrenze. Auch Salmonellen konnten in keinem Fall angezüchtet werden. Der qualitative Nachweis von *Cl. perfringens* gelang lediglich einmal.

**Abb. 7:** Häufigkeitsverteilung der Mikroorganismen (in %) bei Proben aus dem Einzelhandel (n=76; log KbE/g)

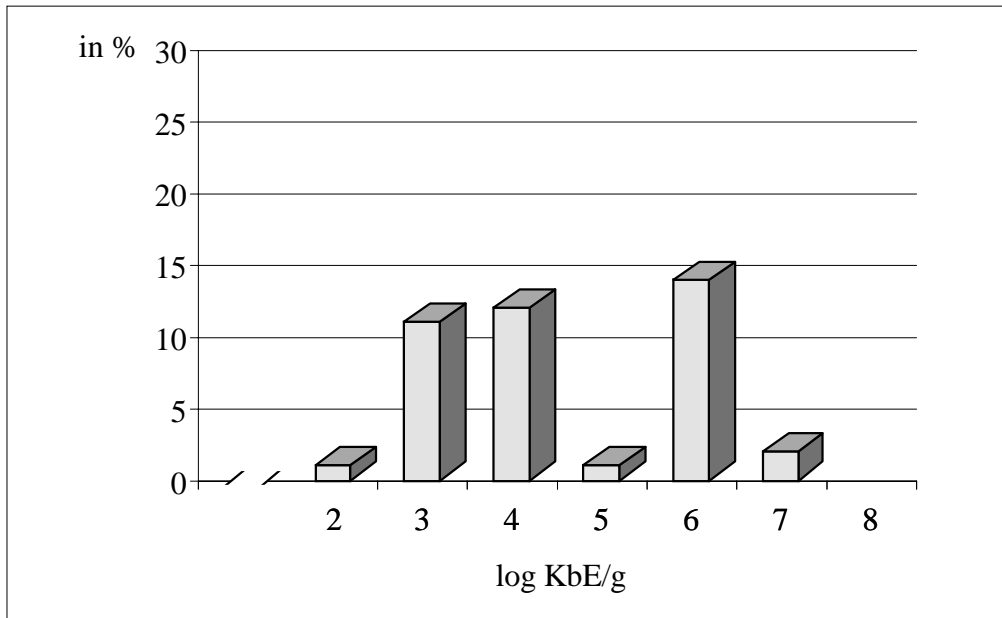
*Abb. 7a: Laktobazillen* (über der Nachweisgrenze: 45/76)



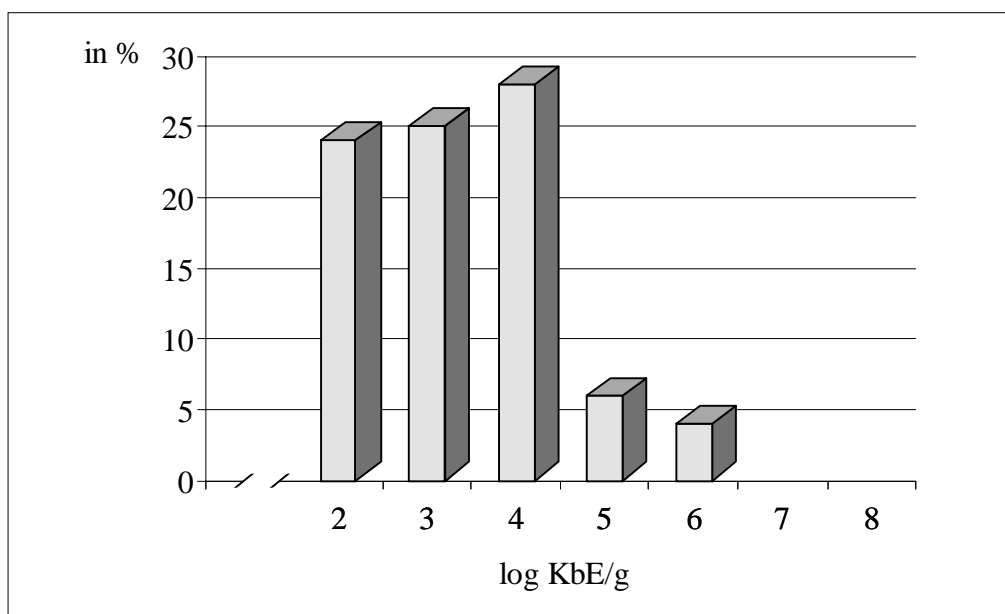
*Abb. 7b: Pseudomonaden* (über der Nachweisgrenze: 50/76)



**Abb. 7c: Coliforme Keime** (über der Nachweisgrenze: 31/76)

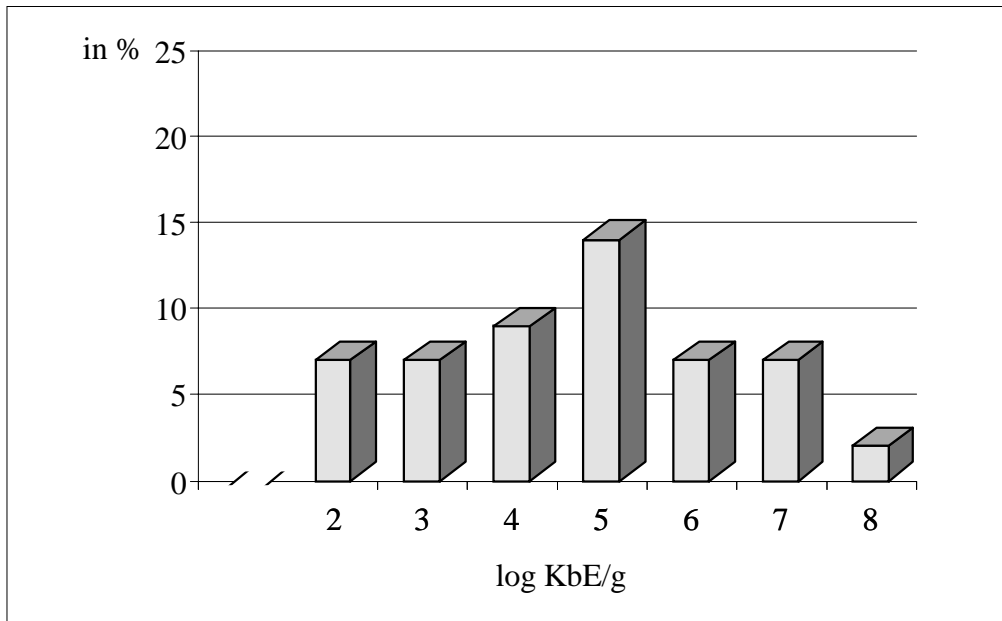


**Abb. 7d: Hefen** (über der Nachweisgrenze: 66/76)

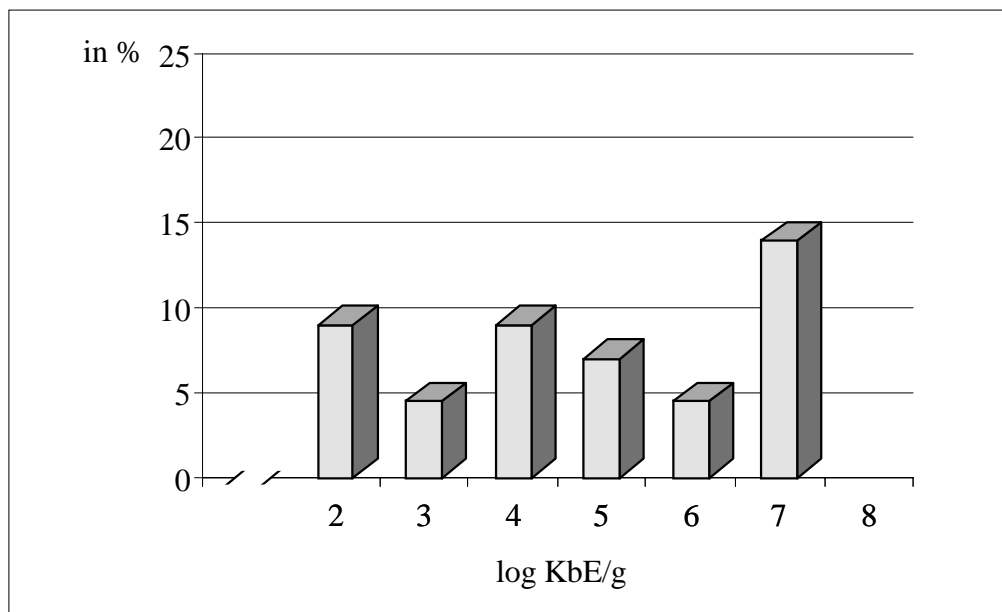


**Abb. 8:** Häufigkeitsverteilung der Mikroorganismen (in %) bei Proben aus dem Großhandel (n=44; log KbE/g)

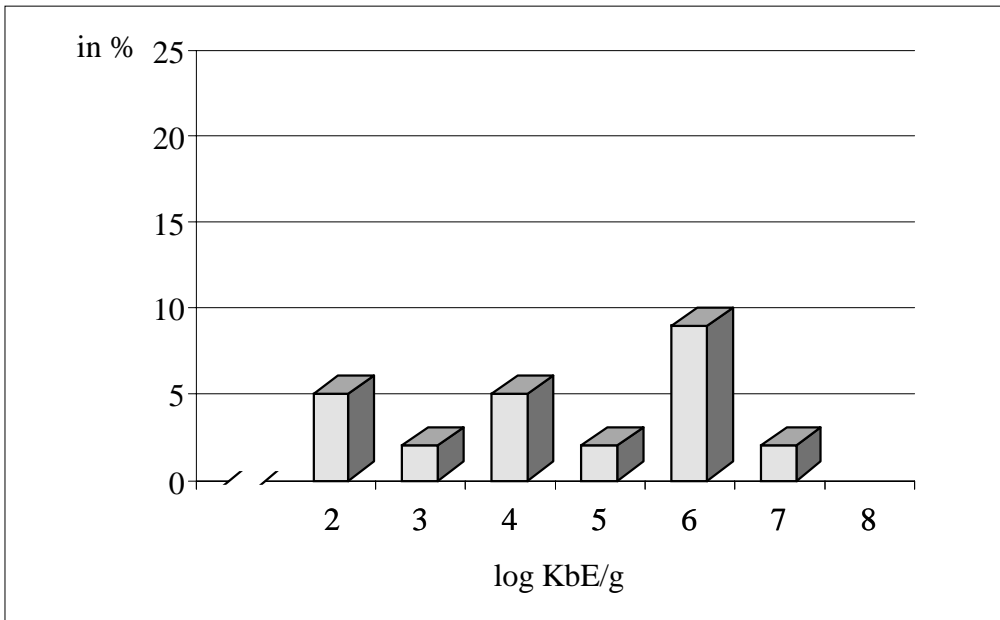
*Abb. 8a: Laktobazillen* (über der Nachweisgrenze: 23/44)



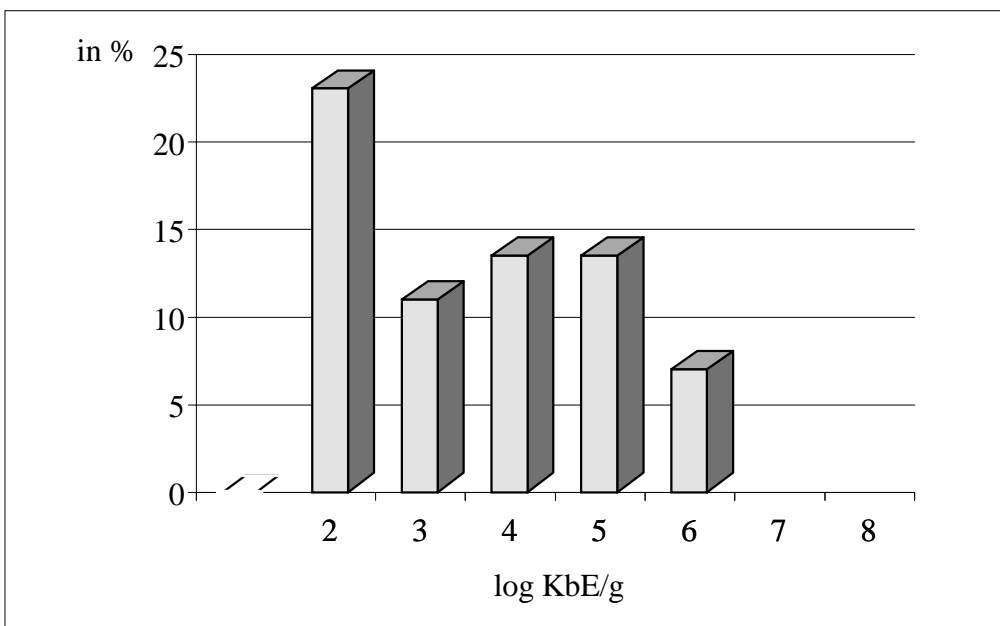
*Abb. 8b: Pseudomonaden* (über der Nachweisgrenze: 21/44)



**Abb. 8c: Coliforme Keime** (über der Nachweisgrenze: 11/44)



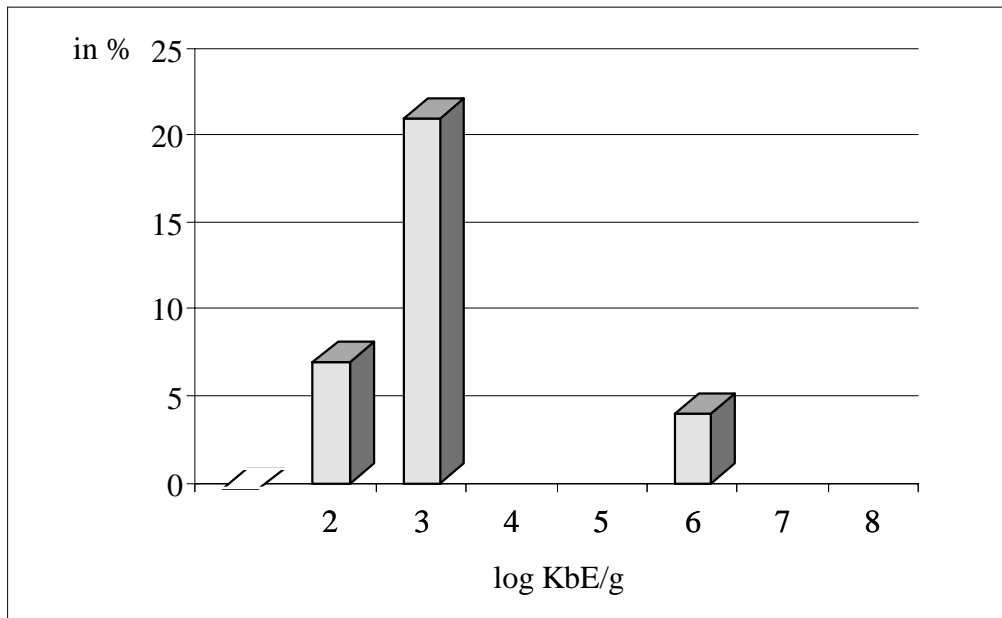
**Abb. 8d: Hefen** (über der Nachweisgrenze: 30/44)



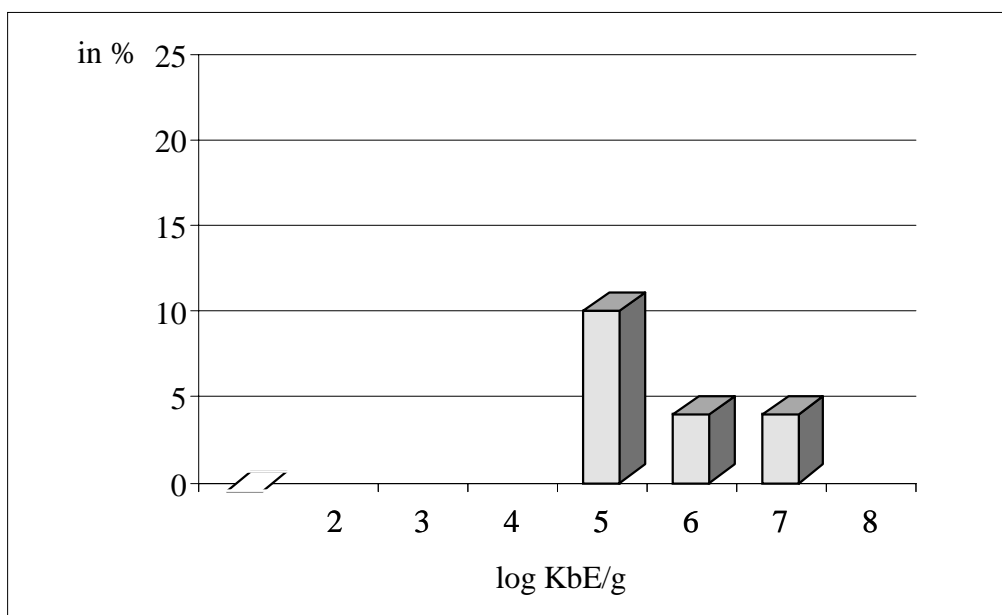


**Abb. 9:** Häufigkeitsverteilung der Mikroorganismen (in %) bei Proben aus Herstellerbetrieben (n=28; log KbE/g)

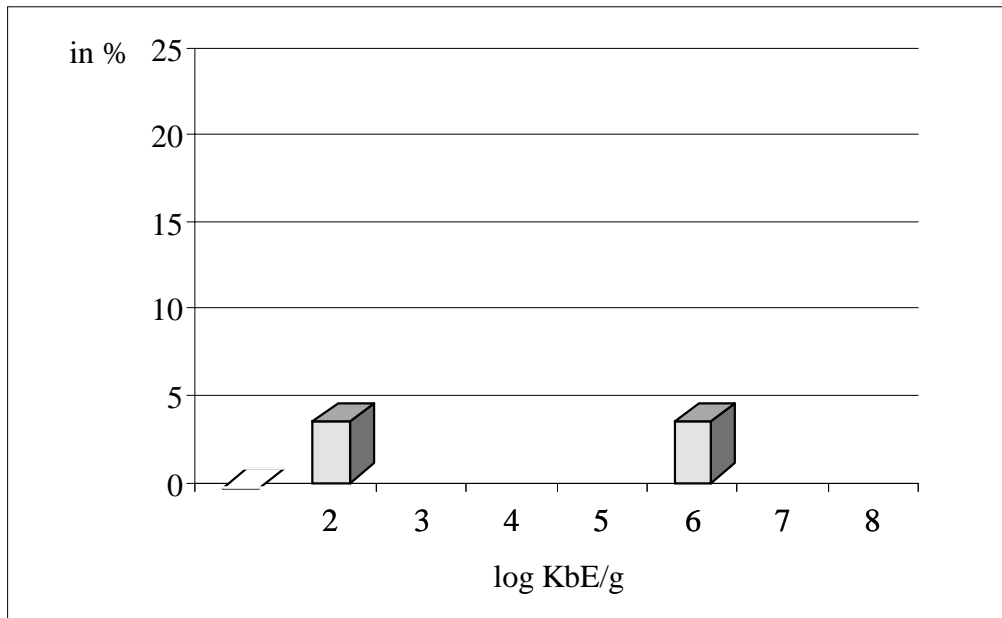
*Abb. 9a: Laktobazillen* (über der Nachweisgrenze: 9/28)



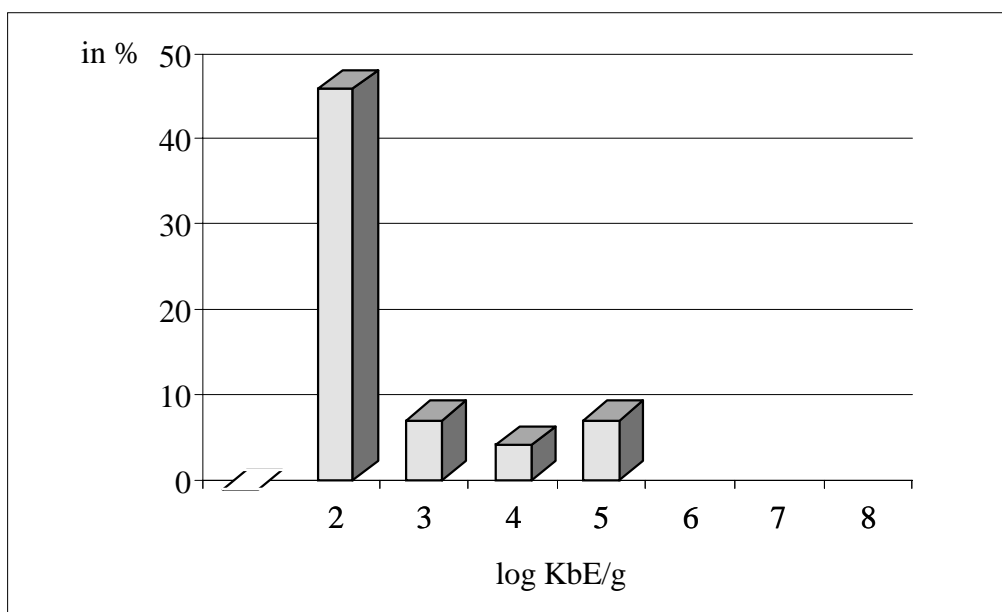
*Abb. 9b: Pseudomonaden* (über der Nachweisgrenze: 5/28)



**Abb. 9c: Coliforme Keime** (über der Nachweisgrenze: 2/28)

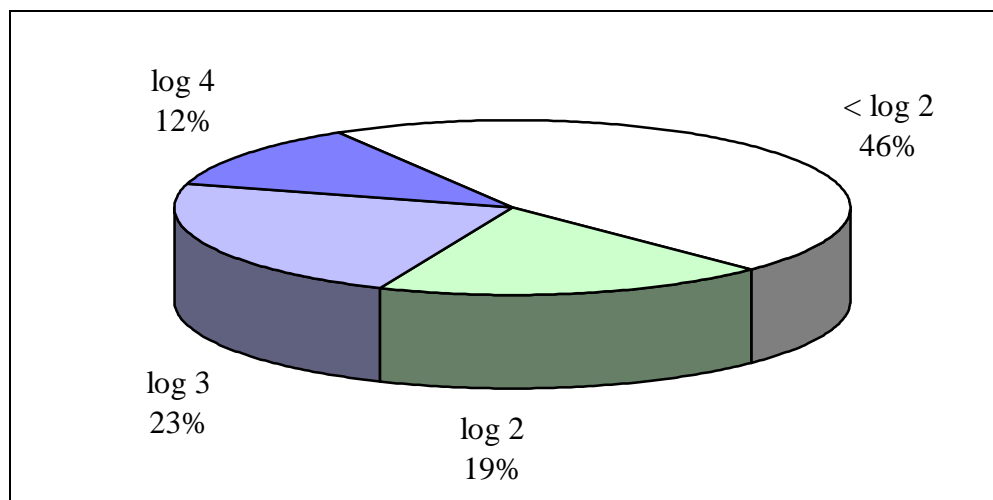


**Abb. 9d: Hefen** (über der Nachweisgrenze: 18/28)

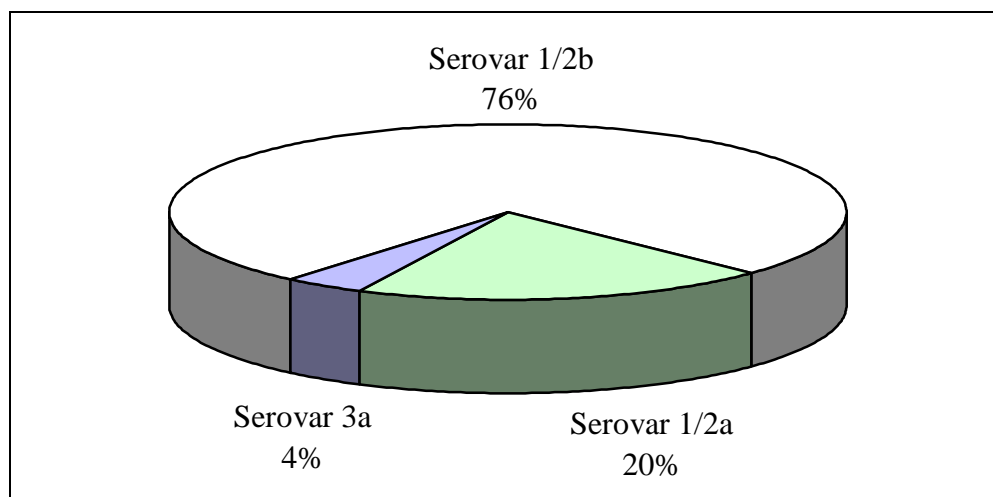


Dagegen ergab sich eine vergleichsweise hohe Belastung der untersuchten Räucherforellenfilets mit Listerien (Abb.10). *L. monocytogenes* wurde in 31 % der Proben aus dem **Handel** (n=138) nachgewiesen. Dabei enthielten 54 % der *L. monocytogenes*-positiven Proben Keimzahlen von über  $10^2$  KbE/g ( $x_{\max.} = 2,2 \times 10^4$  KbE/g) (Abb. 10). Für 25 *L. monocytogenes*-Isolate wurde eine Serotypisierung im BgVV Berlin durchgeführt. Die Serovarverteilung ist aus Abb. 11 ersichtlich. Von den isolierten Stämmen gehörten 19 (76 %) zum Serotyp 1/2b, 5 (20 %) zum Serotyp 1/2a und einer (4 %) zum Serotyp 3a. Aus den bei **Herstellern** gezogenen Proben (n=28) wurde lediglich 2 mal (7,1 %) *L. monocytogenes* in Keimzahlen von  $< 10^2$  KbE/g isoliert.

**Abb. 10:** Quantitative Erfassung von *L. monocytogenes* (in KbE/g) in geräucher-ten Forellenfilets aus dem Handel (n=43)



**Abb. 11:** Serovarverteilung der typisierten *L. monocytogenes*-Stämme (n=25)



#### 4.1.2 Sensorische Beschaffenheit

Bei der sensorischen Untersuchung wurde in Anlehnung an das DLG-Prüfschema verfahren. Die ermittelten Qualitätsziffern sind in Tab. 20 aufgeführt. Nach den Richtlinien der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft (1997) entspricht eine Bewertung mit 5,00 Punkten einem Goldenen Preis, 4,50-4,99 einem silbernen und 4,00-4,49 einem bronzenen Preis, während unter 4,00 Punkten keine Prämierung erfolgt.

**Tab. 20: Sensorische Beschaffenheit (Qualitätszahl) von geräucherten Forellenfilets aus Herstellerbetrieben (n=28), Großhandel (n=44) und Einzelhandel (n=94)**

Qualitätszahl	Anteil der Proben in %		
	Hersteller	Großhandel	Einzelhandel
5,0	18	18	11
4,5-4,9	28	14	24
4,0-4,4	43	45	35
≤ 3,9	11	23	30

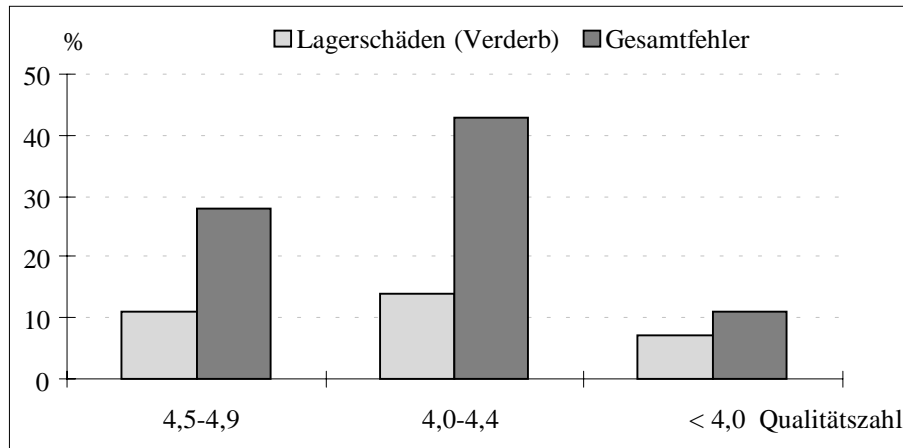
Unter Zugrundelegung dieses Bewertungsschemas wären lediglich 11 % der Proben aus Herstellerbetrieben ohne Auszeichnung geblieben, wohingegen 23 % der Proben aus dem Großhandel und sogar 30 % der Proben aus dem Einzelhandel die Prämierungsgrenze unterschritten hätten. Weiterhin erreichten jeweils 18 % der Proben aus Hersteller- und Großhandelsbetrieben sowie 11 % der Proben aus dem Einzelhandel die Höchstpunktzahl.

Die ermittelten sensorischen Mängel betrafen fast ausschließlich Geruch und Geschmack, in den Prüfmerkmalen Aussehen und Konsistenz wurden nur selten Punktabzüge vorgenommen.

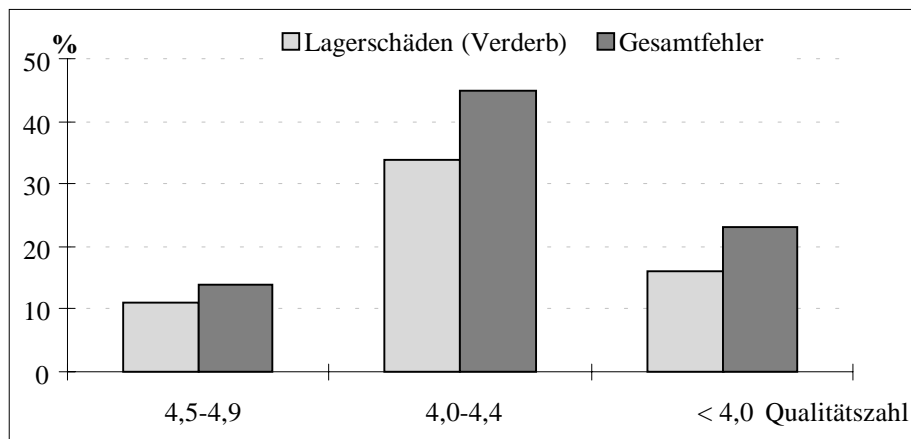
Außerdem fiel bei im Herstellerbereich gezogenen Proben auf, daß die Mehrzahl der Punktabzüge auf technologische Fehler wie zu intensive Räucherung oder Salzung zurückzuführen waren. Bei Proben aus dem Handel dominierten dagegen durch fehlerhafte Lagerung bedingte Mängel (Abb. 12).

**Abb. 12: Sensorische Bewertung (Qualitätszahl) von geräucherten Forellenfilets unter Angabe des Gesamtfehlers und der durch Lagerung bedingten Mängel (jeweils Anteil der Proben in %)**

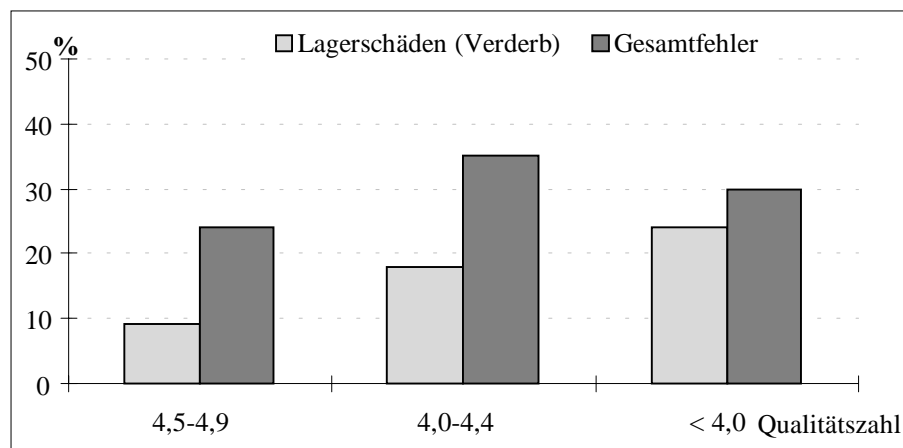
**Abb. 12a: Herstellerbetriebe**



**Abb. 12b: Großhandel**



**Abb. 12c: Einzelhandel**



Bei den technologisch bedingten Fehlern stand das zu intensive Raucharoma mit 50 Beanstandungen (=30 %) eindeutig im Vordergrund. Bei 15 Proben (=9 %) wurden Geruch und/oder Geschmack sogar als teerartig beurteilt. Darüberhinaus wurde ein erheblicher Teil der Produkte (27 %) auf Grund von zu starkem Salzgeschmack bemängelt. Fehlendes Aroma („flach“) (2 %) oder bitterer Geschmack (3 %) stellten dagegen Einzelbefunde dar.

Bei den auf eine Überlagerung zurückzuführenden Abweichungen dominierte der Befund „tranig“ mit einer Häufigkeit von 11 %, bei jeweils 8 % der untersuchten Proben wurden die Mängel „modrig“ und „alt“ nachgewiesen. Der Fehler „fischig“ fand sich in 7 % der Fälle. 9 Proben (=5 %) wiesen einen muffig-dumpfen Geschmack bzw. Geruch auf. Extrem abweichende Befunde wie „faulig“ und „säuerlich“ wurden bei 4 % bzw. 3 % der beprobten Produkte erhoben.

Vor dem Hintergrund teilweise hoher bakteriologischer Belastungen der Produkte stellt sich die Frage nach dem Ausmaß der Korrelation zwischen sensorischen und mikrobiologischen Befunden. Aus Tab. 21 wird ersichtlich, daß mit sinkenden Lagerpunkten sowohl die Gesamtkeimzahl als auch die Gehalte an Laktobazillen, Pseudomonaden und coliformen Keimen anstiegen. Bei besser bewerteten Proben kumulierten dagegen mikrobiologische Ergebnisse unter der Nachweisgrenze.

Allerdings traten Keimgehalte  $\geq 10^6$  KbE/g sowohl in verdorbenen Forellenfilets als auch in sensorisch unauffälligen Proben auf. So wiesen 42 % der Packungen mit hoher Qualitätsziffer ( $\geq 4,5$ ) Keimzahlen von  $\geq 10^6$  KbE/g auf. Als eine mögliche Erklärung für die beobachteten Diskrepanzen zwischen organoleptischen und bakteriologischen Ergebnissen ist das intensive Raucharoma zu nennen, das weniger deutlich ausgeprägte sensorische Mängel von bakteriell relativ hoch belasteten Produkten überlagert.

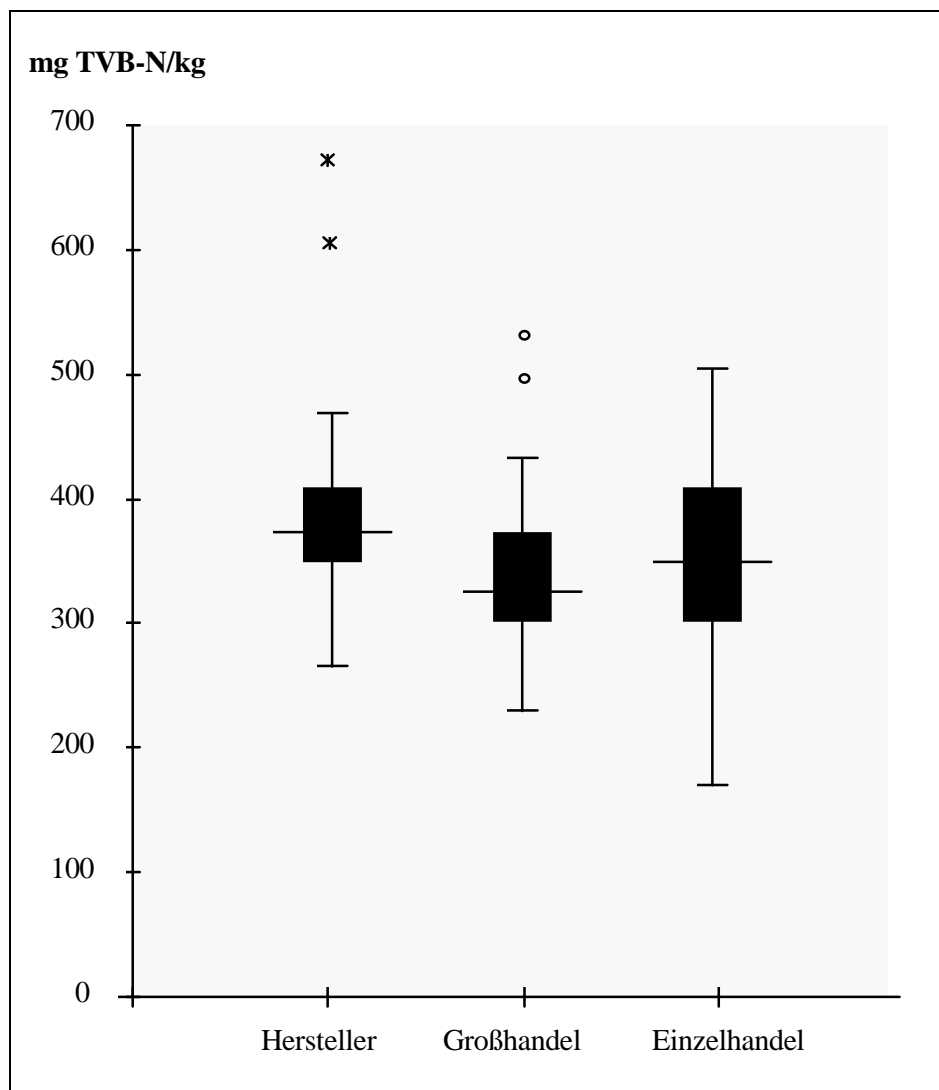
**Tab. 21: Beziehung zwischen sensorischer Bewertung („Lagerpunkte“) und mikrobiologischen Befund**

Keimgruppe	% der Proben im Keimzahlbereich (KbE/g)										Qualitätszahl („Lagerpunkte“)
	10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>	<10 <sup>2</sup>			
Gesamtkeimzahl	8	15	19	12	9	9	12	15			≥ 4,5 4,4-4,0 ≤ 3,9
Laktobazillen	2	8	8	6	4	14	5	53			≥ 4,5 4,4-4,0 ≤ 3,9
Pseudomonaden	-	5	6	6	7	7	7	62			≥ 4,5 4,4-4,0 ≤ 3,9
Coliforme	-	1	4	1	5	6	2	81			≥ 4,5 4,4-4,0 ≤ 3,9
Hefen	-	-	2	8	18	12	29	31			≥ 4,5 4,4-4,0 ≤ 3,9

### 4.1.3 TVB-N-Gehalte

Die bei der Bestimmung des flüchtigen Basenstickstoffs (TVB-N) erhaltenen Werte lagen weitgehend über den für unbehandelte Fischprodukte geltenden Grenzwerten von 250 bzw. 350 mg/kg (Entscheidung 95/149/EG) (Tab. 22; Abb. 13). 82 % der Forellenfilets wiesen TVB-N-Gehalte zwischen 250 und 450 mg/kg auf. Zudem wurden bei den aus Herstellungsbetrieben entnommenen Proben überraschenderweise höhere Werte ermittelt als bei Proben aus dem Handel. Insgesamt überschritten 72 % der Ergebnisse den Wert von 350 mg TVB-N/kg.

**Abb. 13:** Verteilung des flüchtigen Basenstickstoffs (TVB-N) in geräucherten, vakuumverpackten Forellenfilets (n=111), dargestellt in Boxplots mit Median sowie 25 %- und 75 %-Quartilen





**Tab. 22: TVB-N-Gehalte (mg/kg) von geräucherten, vakuumverpackten Forellenfilets aus dem Einzelhandel (n=55), Großhandel (n=31) und aus Herstellerbetrieben (n=25) unter Angabe von arithmetischem Mittel ( $\bar{x}$ ), Median ( $x_{50}$ ), Minimum ( $x_{\min}$ ), Maximum ( $x_{\max}$ ), 25%-Quartil ( $x_{25}$ ) und 75%-Quartil ( $x_{75}$ )**

	Hersteller	Großhandel	Einzelhandel
$\bar{x}$	388,8	336,1	344,7
$x_{50}$	372,2	318,9	343,2
$x_{25}$	348,2	293,1	297,1
$x_{75}$	405,7	366,1	406,8
$x_{\min}$	268,5	237,2	174,1
$x_{\max}$	672,6	531,2	508,1

Statistisch nachweisbare Korrelationen zwischen TVB-N-Gehalt und sensorischen Befund ( $r = -0.29$ ) bzw. Gesamtkeimzahl ( $r = 0.36$ ) oder Gehalt an spezifischen Mikroorganismen wie Pseudomonaden ( $r = 0.21$ ) oder coliformen Keimen ( $r = 0.26$ ) fehlten.

TVB-N-Konzentrationen über 350 mg/kg wurden bei 72 % der „verdorbenen“ Proben ( $< 4,0$ ), aber auch bei 41 % der Proben mit hohen Qualitätsziffern ( $\geq 4,5$  „Lagerpunkte“) beobachtet. Bei insgesamt 47 % der bis zum Ende der Mindesthaltbarkeit gelagerten Forellenfilets wurde ein Anstieg des flüchtigen Basenstickstoffs festgestellt.

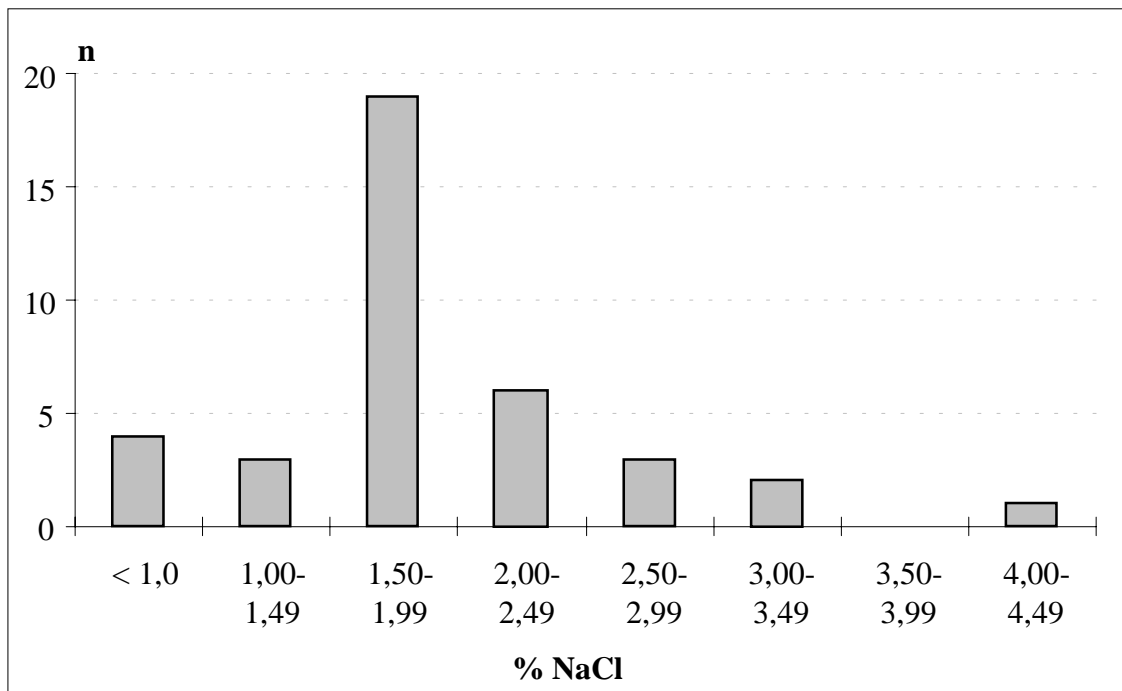
#### 4.1.4 Physiko-chemische Eigenschaften

Die Ergebnisse der chemisch-physikalischen Untersuchungen liefern eine Erklärung für die leichte Verderbnisanfälligkeit der geräucherten Forellenfilets.

Die festgestellten pH-Werte lagen im Bereich zwischen 6,5 und 7,0 ( $\bar{x} = 6,73$ ;  $s = 0,34$ ). Die Messung der Wasseraktivität ( $a_w$ -Wert) ergab Resultate zwischen 0,963 und 0,987 ( $\bar{x} = 0,976$ ;  $x_{50} = 0,980$ ). Die Kochsalzgehalte verteilten sich gleichförmig um ein arithmetisches Mittel von  $\bar{x} = 1,95$  %. 50 % der Proben ( $n=38$ ) wiesen Werte zwischen 1,50 % und 1,99 % NaCl auf (Abb. 14).

Aus den Resultaten geht hervor, daß keiner der ermittelten „intrinsic factors“ für sich allein die Vermehrung der für heißgeräucherten Fisch relevanten Infektions- und Intoxikationserreger verhindern kann.

**Abb. 14: Kochsalzgehalt geräucherter, vakuumverpackter Forellenfilets (n=38)**

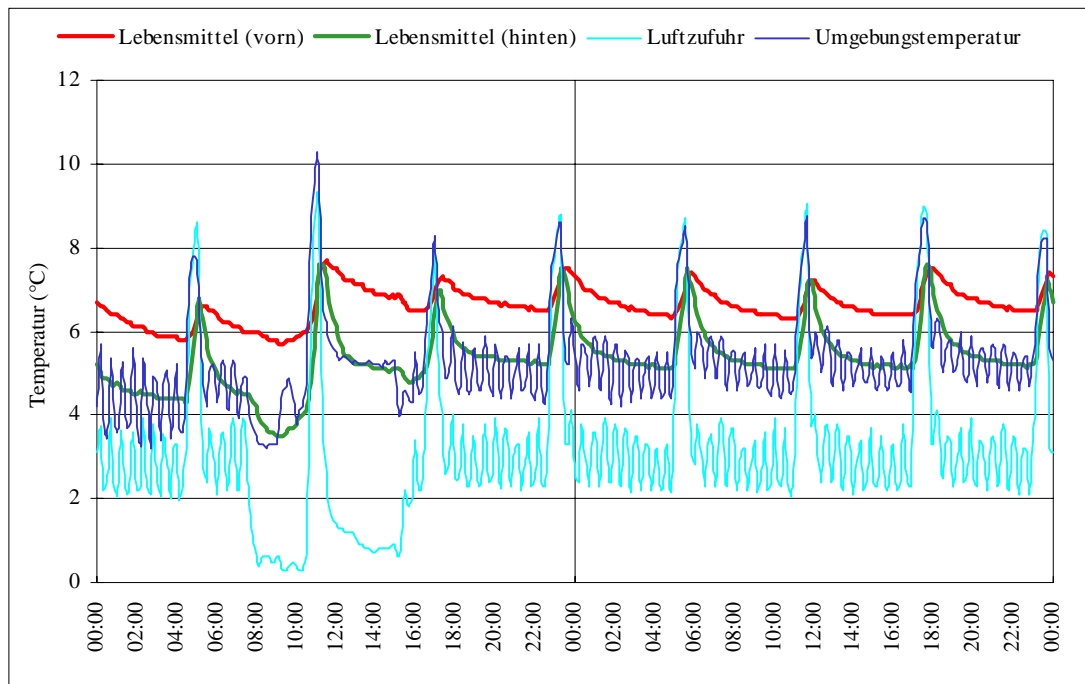


#### 4.2 Lagertemperaturen in offenen Verkaufskühlmöbeln

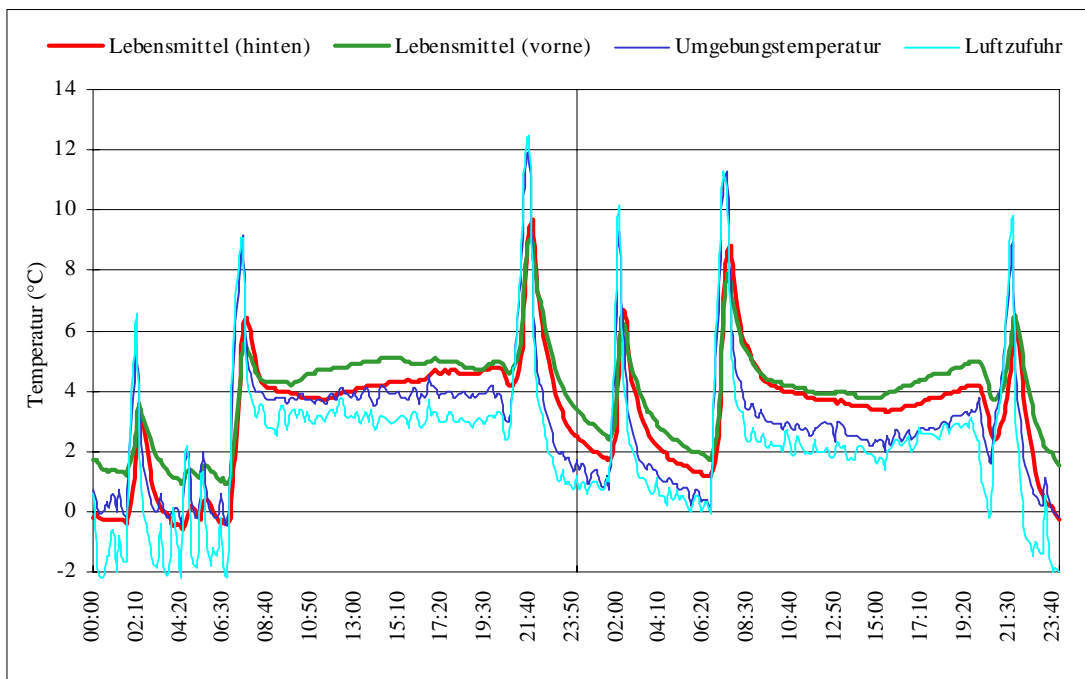
In 12 Kühleinrichtungen des Lebensmittelhandels wurden durch Langzeitmessungen die Temperaturen ermittelt, bei denen vakuumverpackte Räucherforellenfilets in der Praxis gelagert werden.

Die Auswertung der Temperaturverläufe verdeutlicht die in Abhängigkeit von Anzahl, Zeitpunkt und Dauer der Abtauvorgänge unterschiedlich stark ausgeprägten Temperaturschwankungen in offenen Verkaufskühlmöbeln (**Abb. 15, Abb. 16**). Während der Abtauphasen, die entsprechend der jeweiligen Geräteeinstellung ein- bis sechsmal pro Tag einsetzten, paßte sich die Produkttemperatur mit geringer Verzögerung der sich ständig ändernden Umgebungstemperatur im Kühlgerät an. Bei jedem Abtauvorgang kam es somit zu einer Erhöhung der Lagertemperatur um ca. 5 bis 8 °C (in Einzelfällen auch bis zu 11 °C). Die Abtauphasen dauerten in der Regel 20 bis 40 Minuten, zum Teil aber auch bis zu 60 Minuten (Tab. 23, siehe Anhang).

**Abb. 15:** Temperaturverläufe in einem Kühlregal (Betrieb 9) mit vier Abtauphasen pro Tag



**Abb. 16:** Temperaturverläufe in einem Kühlregal (Betrieb 6) mit drei Abtauphasen pro Tag



Außerdem wurde bei 75 % der geprüften Kühlmöbel die Nichteinhaltung der herstellerseitig deklarierten Lagertemperatur beobachtet (Tab. 24, siehe Anhang). Bezogen auf den jeweiligen Meßzeitraum von 5-6 Tagen reichte die Dauer der Temperaturüberschreitungen von einer Stunde bis zu 6 Tagen. In 3 Kühlregalen (Betrieb 3,4 und 8) wurden die Forellenfilets fast während der gesamten Meßdauer zu warm gelagert (Tab. 25).

**Tab. 25: Überschreitung der maximalen Lagertemperaturen in Verkaufskühlmöbeln des Lebensmittelhandels (n=12)**

Betrieb	max. Lager- temperatur lt. Verpackung [°C]	Überschreitung der deklarierten max. Lagertemperatur [Zeitdauer bzw. in % des Meßzeitraums]	
		Produkt 1	Produkt 2
1	5	16,2 Std. (11 %)	17,3 Std. (12 %)
2	6	–	–
3	6	4,9 Tg. ( <b>82 %</b> )	5,9 Tg. ( <b>99 %</b> )
4	7	3 Tg. ( <b>51 %</b> )	6 Tg. ( <b>100 %</b> )
5	7	–	–
6	6	4,3 Std. (4 %)	3,8 Std. (3 %)
7	7	1,2 Std. (1 %)	17,2 Std. (14 %)
8	7	16 Std. (13 %)	4,7 Tg. ( <b>94 %</b> )
9	7	2,4 Tg. ( <b>48 %</b> )	6,7 Std. (6 %)
10	7	–	13,2 Std. (11 %)
11	7	–	–
12	6	–	2,7 Std. (2 %)

In **Abb. 17** sind die Schwankungen der Produkt- und Lagertemperaturen über einen Zeitraum von 24 Stunden dargestellt, die am Beispiel eines offenen Kühlregales mit Abtauphasen um 7 Uhr und 19 Uhr ermittelt wurden. Für die angebotenen Forellenfilets war eine Lagertemperatur von 2-6 °C vorgeschrieben. Im gesamten Meßzeitraum lag die mittlere Produkttemperatur im hinteren Bereich des Regals bei 6,9 °C, im vorderen Bereich bei 8,7 °C. Jeder Abtauvorgang war mit einer bis zu einstündigen Temperaturer-

höhung im Produkt verbunden, wobei die Kerntemperaturen bis auf 10,8 °C (hinterer Bereich) bzw. 11,5 °C (vorderer Bereich) anstiegen. Noch ausgeprägter waren die Schwankungen bei Betrachtung des gesamten Meßzeitraumes (5 Tage). In diesem Fall wurden im hinteren Bereich der Regalböden Temperaturschwankungen zwischen 4,4 °C und 12,1 °C sowie im vorderen Bereich zwischen 5,4 °C und 12,8 °C festgestellt. Die deklarierte Lagertemperatur wurde folglich nur selten eingehalten.

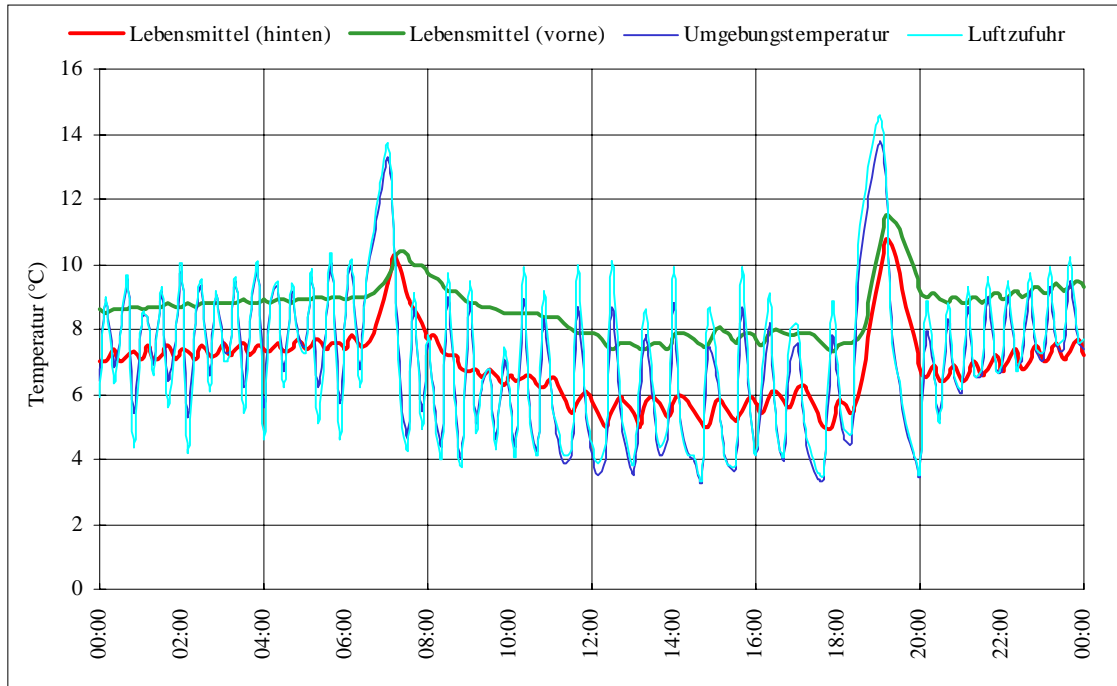
Die zu Beginn der Messung durchgeführte Temperaturüberprüfung (9,2 °C) verdeutlicht die geringe Zuverlässigkeit der in das Kühlregal integrierten Temperaturanzeige, die zum selben Zeitpunkt eine Temperatur von 5 °C aufwies (Tab.24, Betrieb 3). Da die werkseits eingebauten Fühler sich meistens in der Nähe des Verdampfers befinden, liefern sie lediglich Daten über die Temperatur der unmittelbar am Verdampfer erzeugten Kaltluft.

**Abb. 18** zeigt den Temperaturverlauf in einem Kühlregal, dessen Thermometer ständig eine Temperatur von 4 °C anzeigte. Bei diesem Kühlregal waren 6 Abtauphasen pro Tag geschaltet, wodurch sich ein relativ gleichmäßiger Temperaturverlauf mit geringen Schwankungen ergab. Allerdings wurden die Kühlvorgaben (2 bis 7 °C) auch von diesem Gerät nicht eingehalten. So lag die Produkttemperatur in den unteren Regalen zwischen 6,3 °C und 8,7 °C (Mittelwert: 7,0 °C), während in den oberen Regalen sogar eine Temperatur von 9,6 °C bis 11,5 °C (Mittelwert: 9,81 °C) bestand.

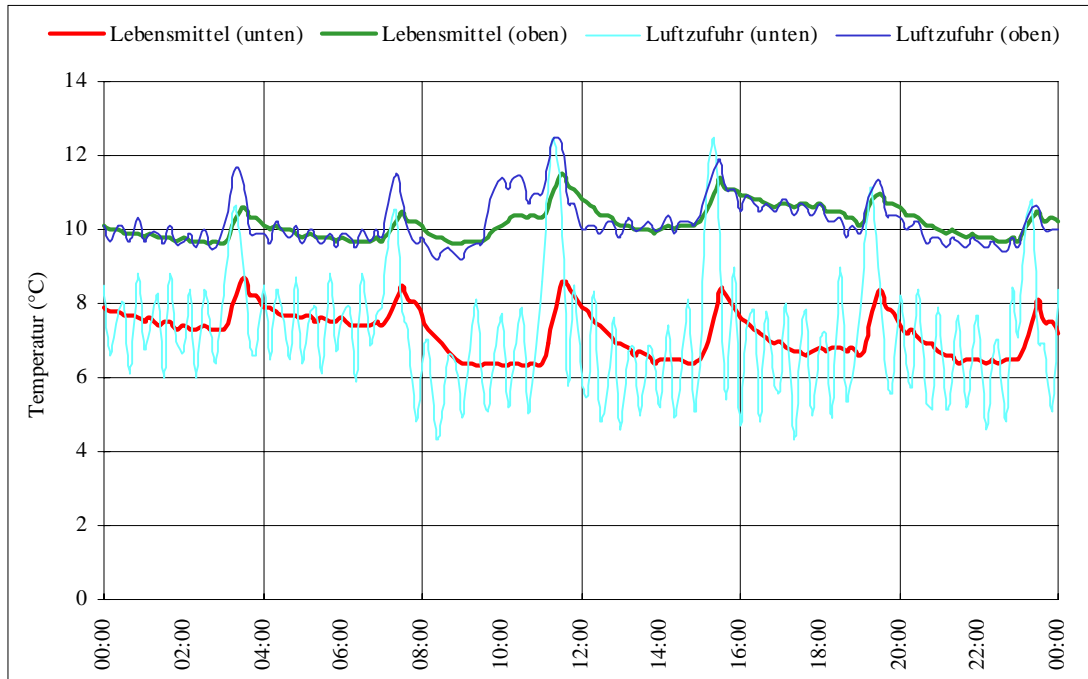
Die völlig ungenügende Kühlleistung wurde in diesem Fall vor allem durch die falsche Einstellung der Kühlaggregate verursacht. Eine zusätzliche Wärmebelastung trat durch den Ventilator auf, der sich während der Abtauphasen nicht abschaltete und somit die am Verdampfer erwärmte Luft in das Kühlregal blies. Trotz der Belehrung des Gewerbetreibenden wurden anlässlich einer 6 Wochen später durchgeführten Nachkontrolle immer noch erhebliche Überschreitungen der deklarierten Lagertemperatur festgestellt. Die Forellenfilets wiesen mittlere Produkttemperaturen von 6,4 °C (max. 10,7 °C) in der unteren und 8,2 °C (max. 10,8 °C) in der oberen Regalebene auf.

In einigen Kühlmöbeln wurden außerdem bei der Kontrolle verschieden lokalisierter Meßpunkte erhebliche Unterschiede hinsichtlich der Produkttemperaturen registriert. Bei dem in **Abb. 19** angeführten Beispiel wurde im vorderen Regalbereich eine durchschnittliche Produkttemperatur von 7,2 °C (max. 9,9 °C) festgestellt; dagegen erreichten die im hinteren Bereich – in der Nähe der Kaltluftzufuhr – gelagerten Forellenfilets eine mittlere Temperatur von 5,4 °C (max. 9,0 °C).

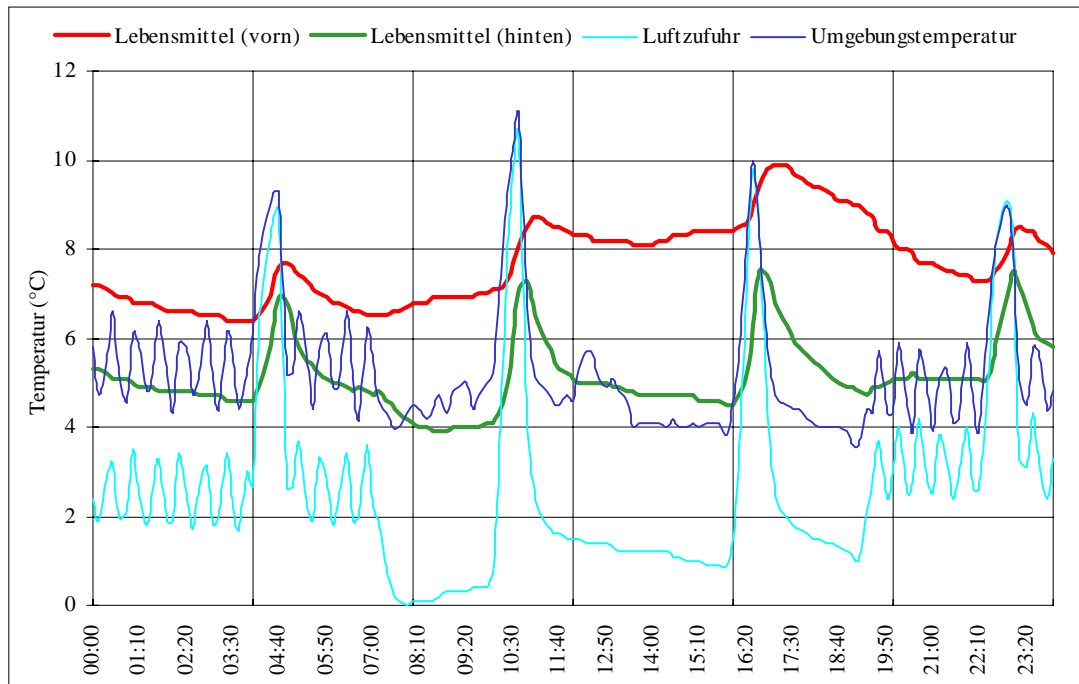
**Abb. 17: Temperaturverläufe in einem Kühlregal (Betrieb 3) mit zwei Abtau-phasen innerhalb von 24 Stunden**



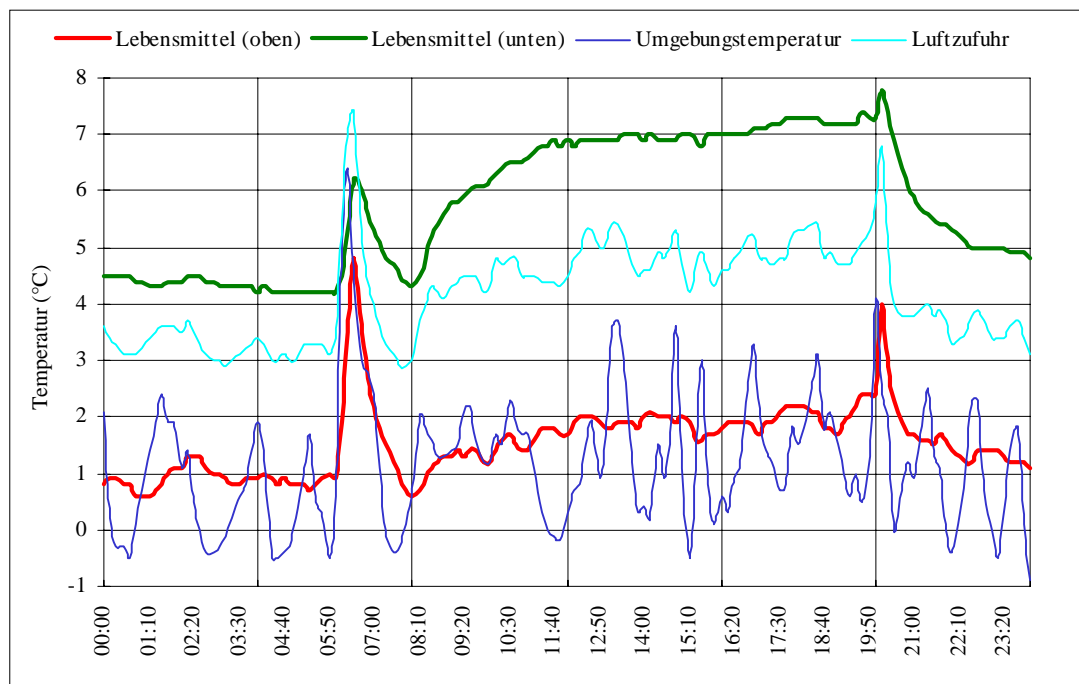
**Abb. 18: Temperaturverläufe in einem Kühlregal (Betrieb 4) mit sechs Abtau-phasen innerhalb von 24 Stunden**



**Abb. 19: Temperaturverläufe in einem Kühlregal (Betrieb 9) mit vier Abtau-phasen innerhalb von 24 Stunden**



**Abb. 20: Temperaturverläufe in einem Kühlregal (Betrieb 10) mit zwei Abtau-phasen innerhalb von 24 Stunden**



Die Aufbewahrung im vorderen Bereich entsprach dabei der im Handel üblichen Platzierung der Ware; hieraus folgt, daß unter Praxisbedingungen während des halben Meßzeitraumes (2,4 Tage, vgl. Tab. 25) die Maximaltemperatur von 7 °C (Deklaration: 2-7 °C) überschritten wird.

Als weitere Besonderheit fiel ein kontinuierlicher Anstieg der Produkttemperatur im vorderen Bereich während der Öffnungszeiten (8-20 Uhr) trotz ständiger Kaltluftzufuhr (waagerechter Verlauf der hellblauen Linie in Abb. 19) auf, der vermutlich durch die Wärmeabstrahlung einer direkt im Regal angebrachten Beleuchtungsröhre verursacht wurde.

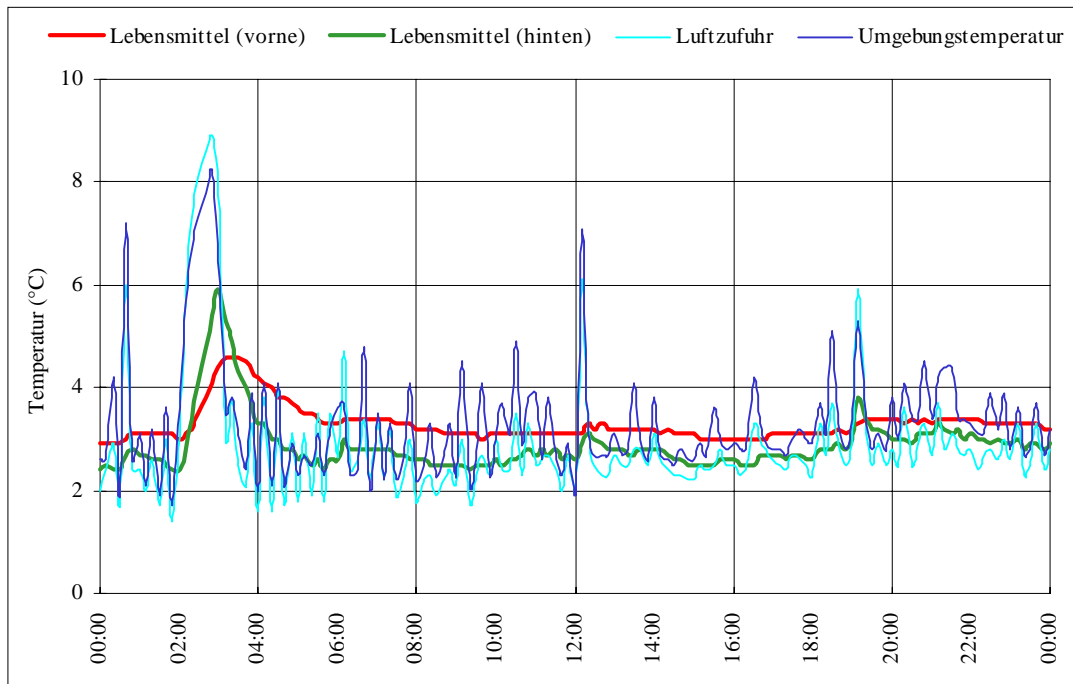
In einem anderen Kühlregal betrug die Temperaturdifferenz zwischen den verschiedenen Ebenen sogar 4 °C (**Abb. 20**). Während im oberen Regal optimale Kühlbedingungen vorlagen (mittlere Produkttemperatur: 1,6 °C), wurde die deklarierte Lagertemperatur von 5-7 °C im untersten Regal geringfügig überschritten (mittlere Produkttemperatur: 5,7 °C; max. 7,9 °C). Die Temperaturdifferenz war darauf zurückzuführen, daß die Lüftungsschlitze für die Kaltluftzufuhr an der Rückwand nicht bis zur untersten Regaletage reichten.

Neben unzureichenden Kühlmaßnahmen im Verkaufsbereich fielen im Verlauf der Untersuchung Fehler sowohl bei der Warenpflege im Vertrieb als auch beim Wareneingang im Handel auf. In Betrieb 7 wurden die geräucherten Forellenfilets selbst im Hochsommer (Juli) nur mit isolierten Transportfahrzeugen – ohne aktive Kühlung – vom ca. 120 km entfernten Großhandel angeliefert. Von der Warenannahme (ca. 6.00 Uhr) bis zur Bestückung des Kühlregals (ca. 9.30 Uhr) wurde die leichtverderbliche Ware ungekühlt im Verkaufsraum zwischengelagert.

Wenn auch die Langzeitmessungen hauptsächlich auf die Identifizierung und Beschreibung von Fehlern bei der Kühlagerung von geräucherten Forellenfilets abzielten, so dokumentierten sie doch auch die Möglichkeit der Einhaltung der vorgeschriebenen Temperaturen im Handel über die gesamte Lagerdauer (**Abb. 21**). In dem betreffenden Kühlmöbel war nur eine Abtauphase pro Tag geschaltet. Die Produkttemperaturen stiegen zwar während des Abtauvorgangs etwas an, bewegten sich aber insgesamt auf einem sehr gleichmäßigen Niveau. Der kritische Wert von 7 °C wurde selbst im vorderen Regalbereich im Verlauf der Messung nicht überschritten.



**Abb. 21: Temperaturverläufe in einem Kühlregal (Betrieb 11) mit einer Abtau-  
phase innerhalb von 24 Stunden**



#### 4.3 Lagerversuche mit geräucherten, vakuumverpackten Forellenfilets

Zur Untersuchung standen einen Tag nach Herstellung insgesamt 84 Vakuumpackungen zu 125 g mit geräucherten Forellenfilets (ohne Haut) zur Verfügung. Der Herstellerbetrieb hatte in Vorversuchen ein hohes, gleichmäßiges Qualitätsniveau seiner Ware unter Beweis gestellt; bei Lagertemperaturen unter 4 °C garantierte er bei Angabe eines Verbrauchsdatums eine Haltbarkeit von 21 Tagen.

Die am ersten Versuchstag durchgeführte Bestimmung der intrinsic factors sollte eine orientierende Aussage über die Verderbnisanfälligkeit der Forellenfilets ermöglichen. Die Wasseraktivität bewegte sich in einem relativ engen Bereich zwischen 96,5 % und 97,2 %. Die pH-Werte hingegen wiesen eine breite Spannweite von 5,73 bis 6,75 (arithmetisches Mittel  $\bar{x} = 6,04$ ) auf. Der Kochsalzgehalt betrug durchschnittlich  $\bar{x} = 2,03$  % bei einer Schwankungsbreite von 1,85 % bis 2,29 %.

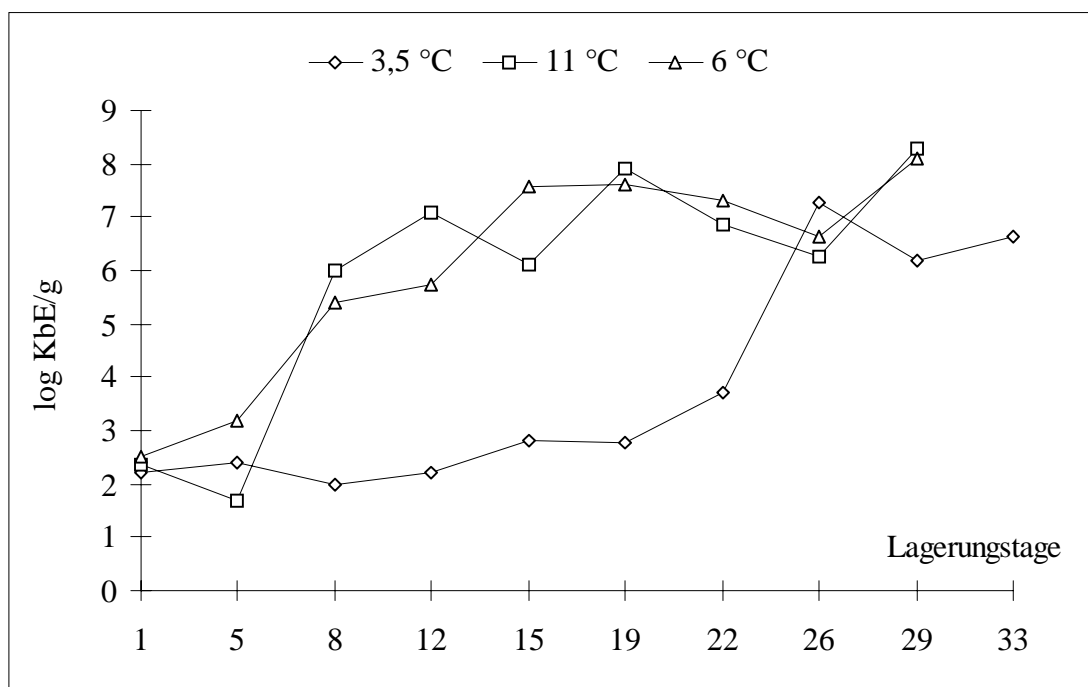
### 4.3.1 Entwicklung der Keimflora

In Abb. 22 ist die Entwicklung der mittleren aeroben Gesamtkeimzahl (als arithmetisches Mittel von drei Parallelproben) in vakuumverpackten Räucherforellenfilets bei Lagerungstemperaturen von durchgehend 3,5 °C, 11 °C sowie 6 °C – unterbrochen durch einstündige Temperaturerhöhungen auf 11 °C (siehe 3.2.3, Abb. 4) – dargestellt. Die detaillierten Angaben sind im Anhang in Tab. 26 a) - c) aufgeführt.

Der Ausgangskeimgehalt war einen Tag nach der Herstellung bei Zugrundelegung der drei o.g. Lagerbedingungen gleich niedrig. Die durchschnittliche Gesamtkeimzahl betrug bei 3,5 °C  $\bar{x} = 1,6 \times 10^2$  KbE/g, bei 11 °C  $\bar{x} = 2,3 \times 10^2$  KbE/g und bei 6 °C  $\bar{x} = 3,3 \times 10^2$  KbE/g.

Bei 3,5 °C-Kühlung blieben die Keimzahlen während der ersten drei Wochen auf diesem niedrigen Niveau. Nach einer Zunahme um etwa eine Zehnerpotenz bis zum 22. Tag nach der Herstellung ( $\bar{x} = 5,1 \times 10^3$  KbE/g) kam es nach 26 Tagen zu einem deutlichen Anstieg der Keimzahl auf durchschnittlich  $\bar{x} = 1,8 \times 10^7$  KbE/g. Bis zum Ende der Lagerung stellte sich ein steady-state auf dem Niveau von  $10^6$ - $10^7$  KbE/g ein.

**Abb. 22: Entwicklung der mittleren aeroben Gesamtkeimzahl in Räucherforellenfilets bei verschiedenen Lagertemperaturen**



Die Aufbewahrung bei 11 °C führte schon nach 8 Tagen zu einer mittleren Keimdichte von  $10^6$  KbE/g. Im Verlauf der weiteren Lagerung erreichten die Proben gleichbleibend hohe Gesamtkeimzahlen zwischen  $\bar{x} = 1,3 \times 10^6$  und  $\bar{x} = 2,0 \times 10^8$  KbE/g.

Bei 6 °C (stundenweise Temperaturerhöhung auf 11 °C) erhöhte sich der Keimgehalt nach 8 Tagen auf über  $10^5$  KbE/g und verblieb bis zum 12. Tag auf diesem Niveau. Anschließend erfolgte ein weiterer Keimanstieg auf über  $10^7$  KbE/g. Bis zum Ende der Lagerzeit, d.h. zwischen 12. und 29. Tag, veränderten sich die Werte nur noch wenig; die mittleren Keimzahlen bewegten sich zwischen  $\bar{x} = 4,3 \times 10^6$  KbE/g und  $\bar{x} = 1,3 \times 10^8$  KbE/g.

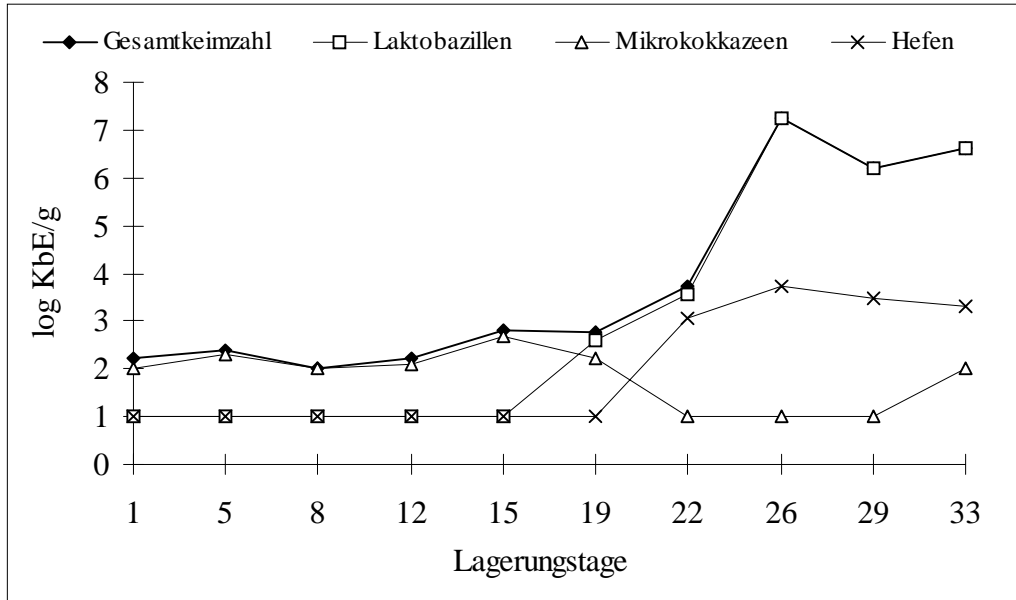
Die Entwicklung der erfaßten Mikroflora ist in den Abb. 23 a)-c) getrennt nach der Lagertemperatur bei 3,5 °C, 11 °C und 6 °C dargestellt. Die Graphik für die Aufbewahrungstemperatur von 3,5 °C verdeutlicht ein anfängliches Dominieren der Mikrokokkazeen, die mit zunehmender Lagerdauer und steigender Gesamtkeimzahl durch die Laktobazillen verdrängt werden. Auch der Gehalt an Hefen entwickelte sich in Abhängigkeit von der Lagerzeit; so waren erst ab der 4. Woche Keimzahlen zwischen  $1,1 \times 10^3$  und  $5,9 \times 10^3$  KbE/g nachweisbar.

Im Fall der Lagerung bei 11 °C wurde die Höhe der Gesamtkeimzahl während der gesamten Lagerzeit deutlich von der Laktobazillenflora bestimmt. Mikrokokkazeen und Hefen erreichten bis zum Ende der Lagerung lediglich Konzentrationen zwischen  $10^3$  und  $10^5$  KbE/g und blieben damit mindestens zwei Zehnerpotenzen unter der Gesamtkeimzahl.

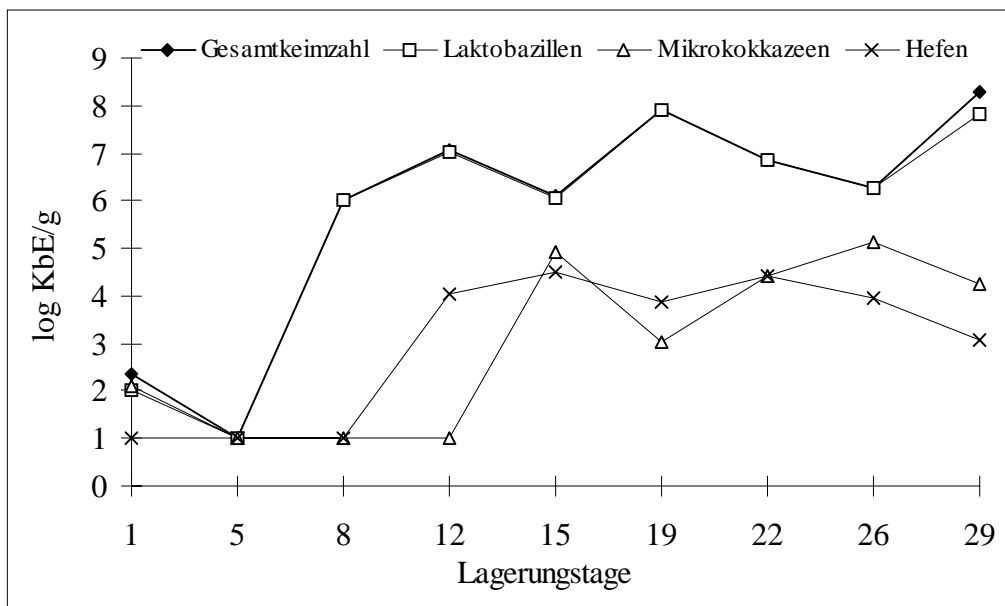
Auch bei 6 °C Lagertemperatur (mit stundenweiser Temperaturerhöhung auf 11 °C) bildeten die Laktobazillen die Hauptflorakomponente. Desweiteren kamen mit zunehmender Lagerdauer Hefen hinzu, während die Mikrokokkazeen nur vereinzelt in geringen Konzentrationen isoliert werden konnten. Unabhängig von der Aufbewahrungstemperatur lagen in sämtlichen Proben die Enterobakteriaceen, Pseudomonaden und *S. aureus* unter der Nachweisgrenze. Auch die Untersuchung auf Salmonellen, Listerien und Clostridien verliefen ausnahmslos negativ.

Abb. 23 a) - c): Verhalten der Mikroflora in Räucherforellenfilets bei verschiedenen Lagertemperaturen

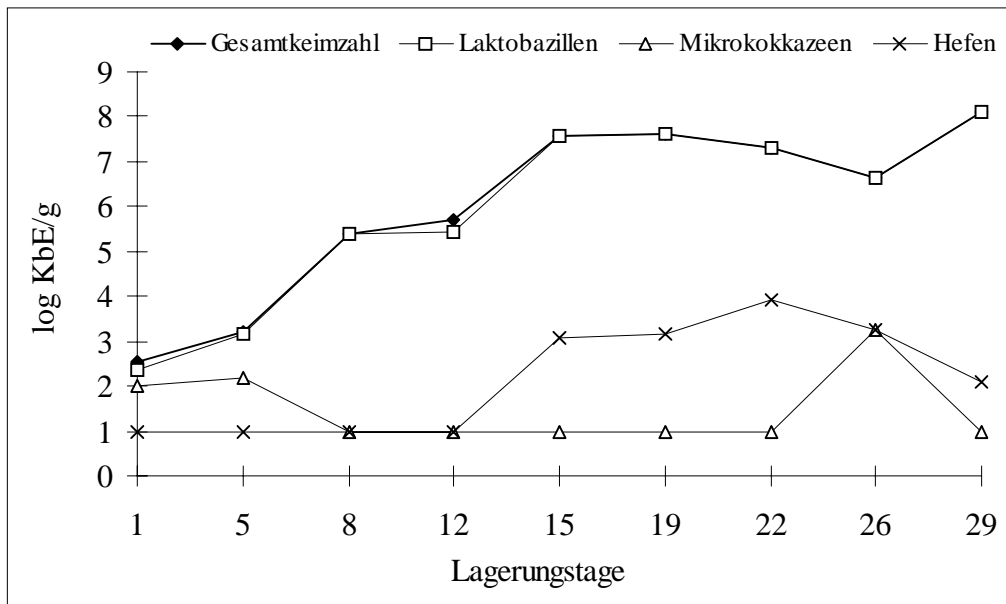
a) Lagertemperatur: 3,5 °C



b) Lagertemperatur: 11 °C



## c) Lagertemperatur: 6 °C



## 4.3.2 Sensorik

Anhand der DLG-Qualitätsziffer wird in Abb. 24 a)-c) die Entwicklung der sensorischen Beschaffenheit geräucherter Forellenfilets in Abhängigkeit von der Lagertemperatur und -zeit dargestellt. Während erste lagerungsbedingte sensorische Mängel bei 11 °C bzw. 6 °C Aufbewahrungstemperatur bereits am 8. Lagertag auftraten, überstanden die bei 3,5 °C gekühlten Proben sogar knapp drei Wochen ohne Qualitätseinbußen. Der etwas unregelmäßige Kurvenverlauf dieser ersten drei Wochen war auf Punktabzüge wegen herstellungsbedingter, von vornherein bestehender Fehler zurückzuführen. Insbesondere teeartiger oder bitterer Geschmack der Bauchfilets gehörten dazu.

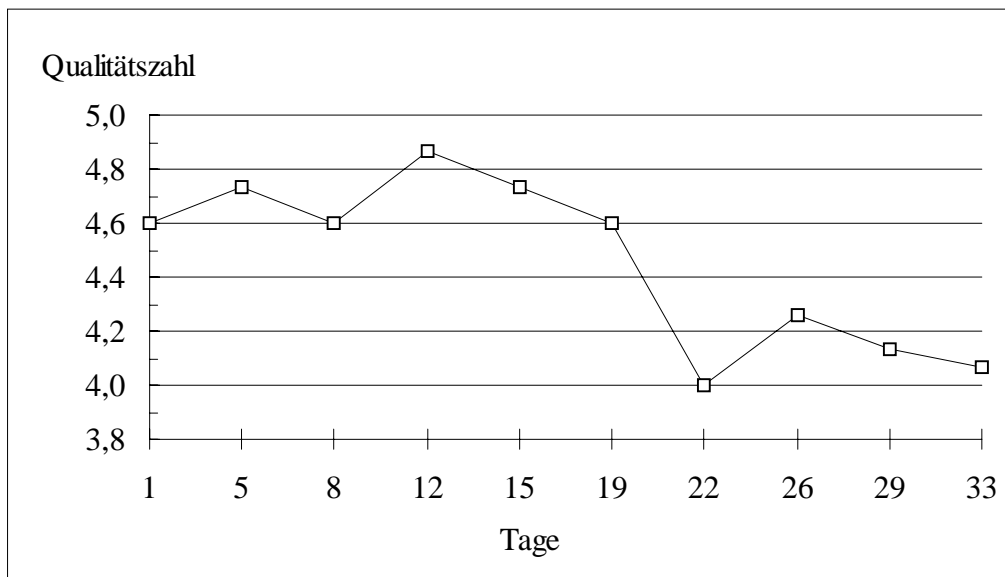
Auf Grund der starken Vermehrung von Laktobazillen stand bei den sensorischen Veränderungen eine säuerliche Geschmackskomponente im Vordergrund. Nur bei wenigen Proben (n=7) war darüberhinaus ein „Alt“-Geschmack zu verzeichnen. Als Besonderheit fanden sich in einer Vakuumpackung große Mengen eines zähen, fadenziehenden Schleims.

Trotz hoher Keimzahlen von über  $10^6$  KbE/g wiesen jedoch 33 % der Proben keine sensorisch manifesten geschmacklichen und/oder geruchlichen Abweichungen auf. Dazu ist anzumerken, daß den Prüfern das intensive Raucharoma erhebliche Schwierigkeiten bei

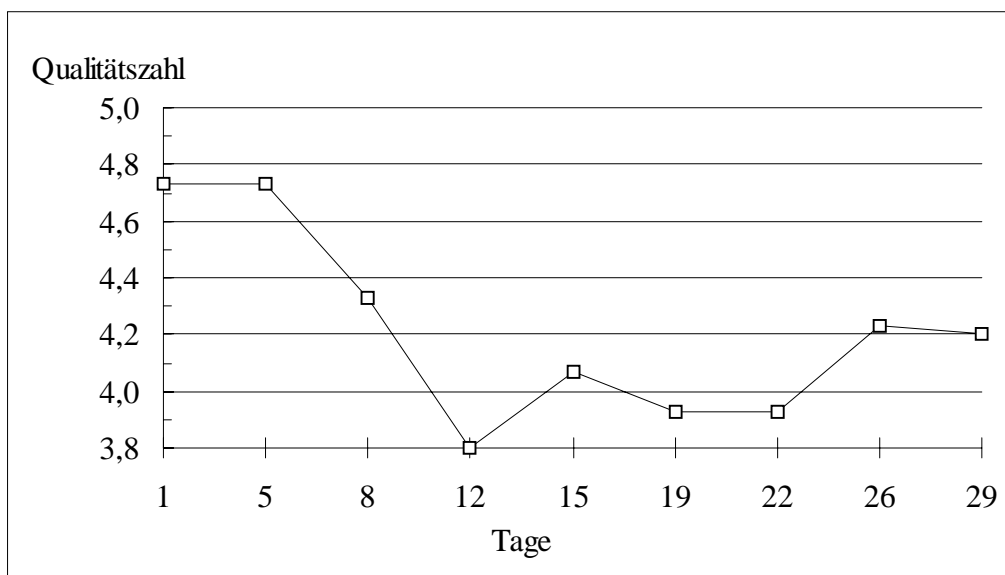
der Urteilsfindung bereitete, weshalb Anzeichen für einen beginnenden Verderb möglicherweise in etlichen Fällen durch bittere, rauchige, zum Teil sogar teerige Geschmackseigenschaften überdeckt wurden.

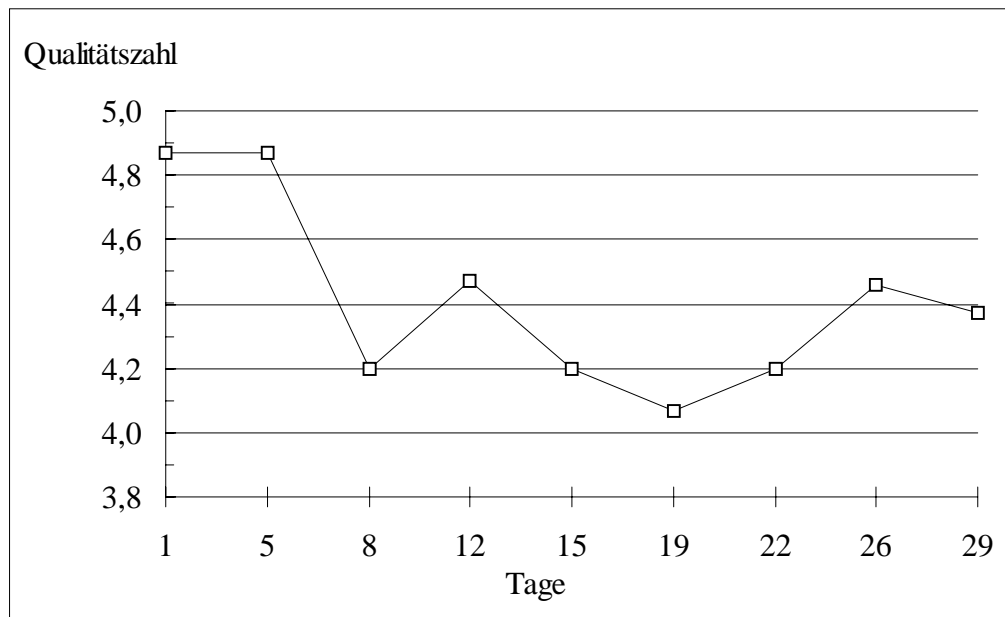
**Abb. 24 a)-c): Sensorische Bewertung geräucherter Forellenfilets in Abhängigkeit von der Lagerzeit und -temperatur (mittlere Qualitätszahl aus drei bewerteten Proben)**

**a) Lagertemperatur: 3,5 °C**



**b) Lagertemperatur: 11 °C**



**c) Lagertemperatur: 6 °C****4.3.3 TVB-N-Gehalte**

Bei der Bestimmung des flüchtigen basischen Stickstoffs (TVB-N) ließ sich weder eine Abhängigkeit der ermittelten Werte von der Lagerzeit noch von der Aufbewahrungstemperatur feststellen (Tab. 27, siehe Anhang). Die TVB-N-Gehalte der untersuchten Forellenfilets (n=28) bewegten sich über die gesamte Versuchsdauer in einem relativ engen Bereich von 244-368 mg/kg.

Die für den TVB-N-Gehalt erhobenen Daten belegen hinsichtlich des Verderbs der Forellenfilets gleichermaßen die vorherrschende Bedeutung der Laktobazillen als auch die zu vernachlässigende Rolle der Mikroorganismen mit proteolytischer Aktivität. Das Ausbleiben auf Proteolyse beruhender Verderbniserscheinungen sind ebenso wie die durchweg unter der Nachweisgrenze liegenden Enterobakteriaseen-Zahlen in dieser Richtung zu interpretieren.