

Forderung nach erhöhter Querstabilität des Schiffes oder nach zusätzlicher Besatzung durch die Aufsichtsbehörde.

Erst ein sorgfältiger Vergleich der so ermittelten Brennstoffersparnis durch Segel mit den durch diese Segel verursachten Kosten gibt Auskunft darüber, wann der Einsatz von Segelantrieben sinnvoll sein kann.

Für Fischereifahrzeuge ergeben sich zusätzliche Komplikationen dadurch, daß je nach Fangmethode eine Besegelung nur zu bestimmten Zeiten auf See einsetzbar ist. Bei einem Stellnetzkutter wäre dies z. B. die An- und Abfahrt zum und vom Fangplatz. Während des Aussetzens und Hievens der Netze kann ein Einsatz der Segel ausgeschlossen werden, da hier bei niedrigster Fahrstufe sehr exakt navigiert werden muß, wobei Segel eher hinderlich sind. Eine genaue Bestimmung der unterschiedlichen Betriebszeiten auf See, aufgeschlüsselt nach Art und Dauer, ist daher unabdingbare Voraussetzung für die Beurteilung der Verwendbarkeit von Segelzusatzantrieben auf Fischereifahrzeugen.

Klaus Lange  
Institut für Fangtechnik  
Hamburg

## FISCH ALS LEBENSMITTEL

### Auftauen von Makrelenfilet-Platten in Feuchtluftstrom

Das Auftauen von tiefgefrorenen Filetplatten von Makrele (und Hering) vor der Weiterverarbeitung zu Halb- und Dauerkonserven sowie Heißbräucherwaren stellt in der deutschen fischverarbeitenden Industrie mit z.Zt. jährlich rd. 53.000 t (1,2) aufzutauender Rohware Anforderungen von wirtschaftlicher Bedeutung an das Auftauverfahren hinsichtlich Produktqualität und Energieeinsatz.

In Anwendung einer weiterentwickelten Bewertungsmethode (2) wurden im einzelnen untersucht:

#### 1. als wärmetechnische und Betriebsparameter

die Wärmeübertragung von Feuchtluftstrom an das Auftaugut (aufgenommene spezifische Auftauenergie  $q$  kWh/t; Wärmedurchgangskoeffizient bis zum Kern des Gutes  $k$  W/m<sup>2</sup>K; Wärmeübergangskoeffizient an der Oberfläche des Gutes  $\alpha$  W/m<sup>2</sup>K; Wärmeleitfähigkeit im Querschnitt des Gutes  $\lambda$  W/mK; Auftaugeschwindigkeit  $g$  cm/h für Anhebung der Anfangstemperatur  $\bar{t}_A$  auf Endtemperatur bei Auftauende im Plattenkern  $t_{KE} = 0^\circ\text{C}$  durch zweiseitige Wärmezufuhr an die Plattenoberflächen) in Abhängigkeit von den Betriebsparametern Strömungsgeschwindigkeit ( $w$ , m/s) und Temperatur ( $\bar{t}$ , °C) der Feuchtluft und der Art ihrer Befeuchtung durch Verdampfen ("D<sup>M</sup>") oder Versprühen ("F") von Wasser sowie ggf. in Abhängigkeit von den Stoffparametern Wasser ( $\xi$  %) bzw. Fettgehalt ( $\psi$  %) des Auftaugutes,

#### 2. als stoffliche Parameter

die Massenverluste des Gutes (Gesamtverlust  $\Delta G$  %), Trockensubstanzverlust  $\Delta G_{TS}$  % und Aschensubstanzverlust  $G_A$  %, jeweils bezogen auf

die Anfangsmasse vor dem Auftauen, in Abhängigkeit von den Betriebsparametern, der Lagerdauer (z Monate) des Gutes bei  $-28/-30^{\circ}\text{C}$  vor dem Auftauen, seiner stofflichen Zusammensetzung (Wasser- und Fettgehalt) und einer mehr oder weniger schonenden Behandlung des Fanges vor dem Tiefgefrieren an Bord - schonend (Rohmaterial "RI"): Gefrierbeginn spätestens 3 Std. nach dem Fang; weniger schonend (Rohmaterial "RII"): Gefrierbeginn ein Mehrfaches von 3 Std. nach dem Fang.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen ( 1. und 2.) sind in der Tabelle zusammengefaßt.

Die gefundenen Ergebnisse zeigen gute Korrelationen zwischen

- Fettgehalt ( $\varphi$ ) und Wassergehalt ( $\xi$ ) des Rohmaterials ( Tab., Nr. 1)
- spezifischer Auftauenergie ( $q$ ) und  $\xi$  ( Nr. 2)
- Wärmedurchgangs ( $k$ ) - sowie Wärmeübergangskoeffizient ( $\alpha$ ) und Luftgeschwindigkeit ( $w_L$ ) ( Nr. 3 und 4)
- Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda$ ) und  $\xi$  bzw. Feuchtlufttemperatur ( $t_M$ ) ( Nr. 5.1)
- Auftaugeschwindigkeit ( $g$ ) und  $w_L$  bzw.  $t_M$  ( Nr. 6)
- Massenverlust ( $\Delta G$ ) und  $w_L$  bzw.  $t_M$  ( Nr. 7.1 bis 7.3)

Dabei ist die Zunahme des Wärmedurchgangskoeffizienten  $k$  mit steigender Luftgeschwindigkeit  $w_L$  bei niedriger Feuchtlufttemperatur  $t_M$  ausgeprägter, der hier im Zeitmittel relativ erhöhten Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  entsprechend ( Nr. 3).

Umgekehrt ist der Anstieg des Wärmeübergangskoeffizienten  $\alpha$  bei höherer Feuchtlufttemperatur  $t_M$  stärker, infolge zunehmender Kondensation von Luftfeuchtigkeit auf der Luftoberfläche ( Nr. 4). Wegen vor allem herstellungsbedingter Inhomogenitäten im Filetplattenmaterial ist die Aussagekraft der gemessenen Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  ( Nr. 5.1) eingeschränkt, und die  $\lambda$ -Werte entsprechen daher im Einzelfall nicht der physikalischen Beziehung, nach der der Wärmedurchgangswiderstand gleich der Summe aus Wärmeübergangs- und Wärmeleitwiderstand ist ( $1/k \pm 1/\alpha + S/2 \lambda$ ). Der Bereich der gemessenen  $\lambda$ -Werte deckt sich aber zufriedenstellend mit den aus dieser Beziehung rechnerisch - durch Einsetzen der Luftgeschwindigkeitsabhängigen, gemessenen  $k$ - und  $\alpha$ -Werte - ermittelten  $\lambda$ -Werten ( Nr. 5.2).

Die Auftaugeschwindigkeit  $g$  steigt mit zunehmender Feuchtlufttemperatur  $t_M$  und Luftgeschwindigkeit  $w_L$ , wobei der Anstieg von  $g$  mit  $t_M$  stärker als mit  $w_L$  in Erscheinung tritt ( Nr. 6).

Für den Massenverlust  $\Delta G$  von einheitlichem Rohmaterial (gleiche Fangzeit und Fanggebiet sowie Güte der Vorbehandlung vor dem Tiefgefrieren an Bord) ist ein Anstieg mit zunehmender Luftgeschwindigkeit  $w_L$  und Feuchtlufttemperatur  $t_M$  zu erkennen; dabei wächst  $\Delta G$  mit  $t_M$  bei niedrigen Werten von  $w_L$  stärker ( Nr. 7.1 - 7.3). Im Unterschied dazu wurde bei uneinheitlichem Rohmaterial (3 verschiedene Fanggebiete und Fangzeiten sowie nach sehr unterschiedlicher Gefrierlagerdauer  $z = 6,4 - 28,9$  Monate) in keinem Fall eine Korrelation zwischen  $\Delta G$  und den Parametern  $w_L$ ,  $t_M$ ,  $g$ ,  $\xi$  und  $z$  gefunden ( Nr. 7.4). Zwischen schonend ("RI") und weniger schonend behandeltem Rohmaterial ("RII") vor dem Tiefgefrieren an Bord wurde - bei Dampfbefeuchtung des Luftstromes und z.B.  $t_M = 20^{\circ}\text{C}$ ,  $w_L = 2,3$  m/s - mit

Tabelle: Auftauen von Makrelenfiletplatten im Feuchtluftstrom:

Rohmaterialzusammensetzung, Wärmeübertragung und Massenverluste in Abhängigkeit von Parametern

Nr.	Untersuchter Zusammenhang $y_p = f(x)$	Parameter P	Korrelationskoeffizient r	Regressions-Gerade $y = ax + b$	
				- Koeffizient a	- Konstante b
1					
1.1	Fettgehalt $\varphi$ abhängig von	-	- 0,995	$\frac{-1,082}{86,430}$	bei $x = \xi = 47,6 \dots 60,0 \dots 77,8\%$ ist $y = \varphi = 35,0 \dots 21,6 \dots 2,4\%$
1.2	Wassergehalt $\xi$ $\varphi = f(\xi)$	-	- 0,998	$\frac{-1,115}{88,589}$	bei $x = \xi = 53,9 \dots 60,0 \dots 74,7\%$ ist $y = \varphi = 28,5 \dots 21,7 \dots 5,3\%$
1.3		-	- 0,944	$\frac{-0,919}{77,276}$	bei $x = \xi = 56,8 \dots 60,0 \dots 63,7\%$ ist $y = \varphi = 25,1 \dots 22,1 \dots 18,7\%$
<u>Erläuterung:</u>					
zu 1.1		Rohmaterial R I ( $n_D = 53$ Proben für Dampfbeaufchtung des Luftstromes), aus zwei verschiedenen Fanggebieten und Fangzeiten, April 1982 und August 1983 nach Lagerdauer $z = 11,5 - 24,9$ Monate bei $-28/-30^\circ\text{C}$ bis Auftauen			
zu 1.2		Rohmaterial R I ( $n_F = 5$ Proben für Sprühwasserbeaufchtung) von April 1982 und März 1984 nach $z = 6,4 - 28,9$ Monaten bei $-28/-30^\circ\text{C}$ bis Auftauen			
zu 1.3		Rohmaterial R II, $n_D = 18$ Proben von Dezember 1983 nach $z = 6,7 - 8,0$ Monaten bei $-28/-30^\circ\text{C}$ bis Auftauen			
2					
2.1	Spezifische Auftauenergie abhängig vom	-	0,944	$\frac{0,822}{22,214}$	bei $x = \xi = 47,6 \dots 60,0 \dots 77,8\%$ ist $y = \bar{q} = 61,3 \dots 71,5 \dots 86,1 \text{ kWh/t}$
2.2	Wassergehalt $\xi$ $\bar{q} = f(\xi)$	-	0,996	$\frac{0,797}{25,053}$	bei $x = \xi = 53,9 \dots 60,0 \dots 74,7\%$ ist $y = \bar{q} = 68,0 \dots 72,9 \dots 84,6 \text{ kWh/t}$
2.3		-	0,946	$\frac{0,821}{22,369}$	bei $x = \xi = 47,6 \dots 60,0 \dots 77,8\%$ ist $y = \bar{q} = 61,4 \dots 71,6 \dots 86,2 \text{ kWh/t}$
<u>Erläuterung:</u>					
zu 2.1		Rohmaterial R I, $n_D = 53$ , Anfangstemperatur $\bar{t}_A = -26,6 \pm 2,5^\circ\text{C}$ bis Kernendtemperatur $t_{KE} = 0^\circ\text{C}$ , bei Plattendicke $\bar{s} = 63,6 \pm 2,8 \text{ mm}$ ( $v = 4,35\%$ )			
zu 2.2		Rohmaterial R I, $n_F = 5$ , $\bar{t}_A = -28,1 \pm 1,2^\circ\text{C}$ bis $t_{KE} = 0^\circ\text{C}$ , $\bar{s} = 66,3 \pm 2,7 \text{ mm}$ ( $v = 4,01\%$ )			
zu 2.3		Rohmaterial R I, $n_{D+F} = 58$ , $\bar{t}_A = -26,8 \pm 2,4^\circ\text{C}$ bis $t_{KE} = 0^\circ\text{C}$ , $\bar{s} = 63,9 \pm 2,9 \text{ mm}$ ( $v = 4,46\%$ )			

Nr.	$y_p = f(x)$	P	r	$\frac{a}{b}$	$y = ax + b$ Meßwerte y nach Ausgleich durch Regressionsgerade						
3	Wärmedurchgangskoeffiz. abhängig von Luftgeschwindigkeit $w_L$	Feuchtlufttemperatur $t_M = 12^\circ\text{C}$	0,984	$\frac{2,377}{13,870}$	bei $x = w_L = 1,2 \dots 2,3 \dots 4,7 \text{ m/s}$ ist $y = \bar{k} = 16,7 \dots 19,3 \dots 25,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$						
3.1					20	0,886	$\frac{1,898}{17,643}$	bei $x = w_L = 1,2 \dots 2,3 \dots 4,7 \text{ m/s}$ ist $y = \bar{k} = 19,9 \dots 22,0 \dots 26,6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$			
3.2								24	0,875	$\frac{1,519}{18,824}$	bei $x = w_L = 1,2 \dots 2,3 \dots 4,7 \text{ m/s}$ ist $y = \bar{k} = 20,7 \dots 22,3 \dots 26,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$
3.3	<u>Erläuterung:</u> zu 3.1 - 3.3 Rohmaterial R I, eingengt auf $n_D = 3,5$ Proben mit $\xi = 70$ bis $80\%$ , $\bar{s} = 63,5 \pm 2,9 \text{ mm}$ ( $v = 4,58\%$ ) entsprechend "gleichem Auftaugut"; $\bar{k}$ aus Mittelwerten mit im Mittel $\bar{v} = 4,5\%$ ( $v = 1,1 - 7,8\%$ )										
4	Wärmeübergangskoeffizient abhängig von Luftgeschwindigkeit $w_L$	$t_M = 12^\circ\text{C}$	0,994	$\frac{12,291}{7,494}$	bei $x = w_L = 1,2 \dots 2,3 \dots 4,7 \text{ m/s}$ ist $y = \bar{\alpha} = 22,2 \dots 35,8 \dots 65,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$						
4.1					20	0,999	$\frac{14,964}{13,984}$	bei $x = w_L = 1,2 \dots 2,3 \dots 4,7 \text{ m/s}$ ist $y = \bar{\alpha} = 31,9 \dots 48,4 \dots 84,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$			
4.2								24	0,999	$\frac{17,327}{15,814}$	bei $x = w_L = 1,2 \dots 2,3 \dots 4,7 \text{ m/s}$ ist $y = \bar{\alpha} = 36,6 \dots 55,7 \dots 97,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$
4.3	<u>Erläuterung:</u> Rohmaterial R I, gleiche Probenzahl $n_D$ nach Probeneinengung wie bei Nr. 3; zu 4.1 - 4.3 aus Mittelwerten mit im Mittel $\bar{v} = 12,7\%$ ( $v = 4,4 - 19,9\%$ )										
5.1	Wärmeleitfähigkeit, meßtechnisch abhängig vom Wassergehalt $\xi$	$t_M = 12^\circ\text{C}$	0,995	$\frac{0,027}{-0,461}$	bei $x = \bar{\xi} = 47,5 \ 52,5 \ 57,5 \ 62,5 \ 67,5 \ 72,5 \ 77,5 \%$ ist $y = \bar{\lambda} = 0,82 \ 0,95 \ 1,09 \ 1,22 \ 1,36 \ 1,49 \ 1,62 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$						
5.1.1					20	0,945	$\frac{0,024}{-0,331}$	bei $x = \bar{\xi} = 47,5 \ 52,5 \ 57,5 \ 62,5 \ 67,5 \ 72,5 \ 77,5 \%$ ist $y = \bar{\lambda} = 0,80 \ 0,91 \ 1,03 \ 1,15 \ 1,27 \ 1,39 \ 1,51 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$			
5.1.2								24	0,853	$\frac{0,016}{+0,201}$	bei $x = \bar{\xi} = 47,5 \ 52,5 \ 57,5 \ 62,5 \ 67,5 \ 72,5 \ 77,5 \%$ ist $y = \bar{\lambda} = 0,95 \ 1,03 \ 1,10 \ 1,18 \ 1,26 \ 1,34 \ 1,42 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$
5.1.3											im Mittel 0,9016
5.1.4								<u>Erläuterung:</u> Rohmaterial R I, $n_D = 53$ Proben; $\bar{\lambda}$ aus Mittelwerten mit im Mittel $\bar{v} = 13,4\%$ zu 5.1.1 - 5.1.4 ( $v = 10,1 - 16,2\%$ ; Spanne Einzelmessung $\lambda = 1,05 - 1,90 \text{ W/mK}$ ): bezogen auf den in Klassen $\bar{\xi}$ entsprechend 5% Breite geordneten Wassergehalt $\xi = 45$ bis $80\%$ , jeweils für $w_L = 1,2$ bis $4,7 \text{ m/s}$ .			

Tabelle (Fortsetzung)

Nr.	$y_p = f(x)$	P	r	$\frac{a}{b}$	$y = ax + b$ Meßwerte y nach Ausgleich durch Regressionsgerade
5.2	desgleichen, rechnerisch abhängig von	$t_M = 12^\circ\text{C}$	-	-	bei $x = w_L = 1,2 \dots 2,3 \dots 4,7 \text{ m/s}$ ist $y = \bar{\lambda} = 2,13 \dots 1,33 \dots 1,29 \text{ W/mK}$
5.2.1	$\bar{k}$ und $\bar{\alpha}$ nach Nr. 3 u. 4, d.h. von Luftgeschwin- digkeit $w_L$				
5.2.2	$\bar{\lambda} = \frac{\bar{s}}{2(\frac{1}{\bar{k}} - \frac{1}{\bar{\alpha}})}$				
5.2.3	$= f(w_L)$	20	-	-	bei $x = w_L = 1,2 \dots 2,3 \dots 4,7 \text{ m/s}$ ist $y = \bar{\lambda} = 1,67 \dots 1,28 \dots 1,24 \text{ W/mK}$
		24	-	-	bei $x = w_L = 1,2 \dots 2,3 \dots 4,7 \text{ m/s}$ ist $y = \bar{\lambda} = 1,51 \dots 1,18 \dots 1,13 \text{ W/mK}$

Erläuterung:

zu 5.2.1 - 5.2.3

Rohmaterial R I,  $n_D = 35$  Proben von Nr. 3 und Nr. 4 liefern rechnerisch mit  $\bar{k}$  und  $\bar{\alpha}$  aus Nr. 3 und 4 nach der physikalischen Beziehung  $1/\bar{k} = 1/\bar{\alpha} + \bar{s}/2\bar{\lambda}$  (d.h. Wärmedurchgangswiderstand = Wärmeübergangswiderstand und Wärmeleitwiderstand) zwischen  $w_L = 1,2$  und  $4,7 \text{ m/s}$  eine Spannung für  $\bar{\lambda}$  von  $1,13$  bis  $2,13 \text{ W/mK}$ , die sich mit der für  $\lambda$  gemessenen Spanne von  $1,05 - 1,90 \text{ W/mK}$  nahezu deckt

6	Auftaugeschwindig- keit abhängig von Luftgeschwindigkeit $w_L$  $\bar{g} = f(w_L)$	$t_M = 12^\circ\text{C}$	0,998	$\frac{0,045}{0,290}$	bei $x = w_L = 1,2 \dots 2,3 \dots 4,7 \text{ m/s}$ ist $y = \bar{g} = 0,34 \dots 0,39 \dots 0,50 \text{ cm/h}$
6.1		20	0,855	$\frac{0,051}{0,532}$	bei $x = w_L = 1,2 \dots 2,3 \dots 4,7 \text{ m/s}$ ist $y = \bar{g} = 0,59 \dots 0,65 \dots 0,77 \text{ cm/h}$
6.2		24	0,932	$\frac{0,066}{0,637}$	bei $x = w_L = 1,2 \dots 2,3 \dots 4,7 \text{ m/s}$ ist $y = \bar{g} = 0,72 \dots 0,79 \dots 0,95 \text{ cm/h}$
6.3					

Erläuterung

zu 6.1 - 6.3

Rohmaterial R I, gleiche Probenzahl  $n_D$  und Probeneinengung wie bei Nr. 3;  $\bar{g}$  aus Mittelwerten mit im Mittel  $\bar{v} = 5,2\%$  ( $v = 2,8$  bis  $7,7\%$ )

Tabelle (Fortsetzung)

Nr.	$y_p = f(x)$	P	y = ax + b		Meßwerte y nach Ausgleich durch Regressionsgerade						
			r	$\frac{a}{b}$							
7	Massenverlust abhängig von Feuchtlufttemperatur $t_M$	$w_L = 1,2 \frac{m}{s}$	0,935	$\frac{0,179}{2,000}$	bei $x = t_M = 12 \dots 20 \dots 24 \text{ } ^\circ\text{C}$ ist $y = \overline{\Delta G}_{RII} = 4,1 \dots 5,6 \dots 6,3 \%$						
7.1					2,3	0,950	$\frac{0,141}{2,900}$	bei $x = t_M = 12 \dots 20 \dots 24 \text{ } ^\circ\text{C}$ ist $y = \overline{\Delta G}_{RII} = 4,6 \dots 5,7 \dots 6,3 \%$			
7.2								4,7	0,984	$\frac{0,104}{4,100}$	bei $x = t_M = 12 \dots 20 \dots 24 \text{ } ^\circ\text{C}$ ist $y = \overline{\Delta G}_{RII} = 5,3 \dots 6,2 \dots 6,6 \%$
7.3											$w_L = 1,2 \frac{m}{s}$ bis 4,7
7.4											

Erläuterung:

Zu 7.1 - 7.3 Rohmaterial R II,  $n_D = 18$  relativ einheitliche Proben aus einem einzigen Fang (vergl. Erläuterung zu Nr. 1). Bei wenig schonender Behandlung vor dem Tiefgefrieren an Bord;

$\overline{\Delta G}_{RII}$  ist Mittelwert aus zwei Einzelmessungen  
(Spanne  $\overline{\Delta G} = 4,1 - 6,6\%$  entspricht Spanne  $\overline{\Delta G}_{TS} = 0,11 - 0,62\%$  und  $\overline{\Delta G}_A = 0,04 - 0,12\%$ )

Zu 7.4 Rohmaterial R I,  $n_D = 35$  uneinheitliche Proben (vergleiche Erläuterungen zu Nr. 1 und 3) aus 3 verschiedenen Fanggebieten und Fangzeiten bei schonender Behandlung vor dem Tiefgefrieren an Bord, aber nach verschieden langer Gefrierlagerung.

$z = 6,4 - 28,9$  Monate vor dem Auftauen;  
 $\overline{\Delta G}_{RI}$  aus Mittelwerten mit im Mittel  $\bar{v} = 32,6\%$  ( $v = 9,9 - 48,0 \%$ );  
Spanne  $\overline{\Delta G} = 1,4 - 4,8 \%$  entspricht Spanne  $\overline{\Delta G}_{TS} = 0,11 - 0,44 \%$   
( $\bar{v} = 28,9\%$ ,  $v = 15,4 - 47,1\%$ ) und Spanne  $\overline{\Delta G}_A = 0,04 - 0,10\%$   
( $\bar{v} = 26,3\%$ ,  $v = 10,0 - 36,8 \%$ ).

$$\begin{aligned} \bar{\Delta} G_{RI} &= 2,9 \quad \% \quad (n=35, v=32,6\%) < \bar{\Delta} G_{RII} = 5,6 \quad \% \quad (n=18, v=16,9\%), \\ \bar{\Delta} G_{TSRI} &= 0,23 \quad \% \quad (n=34, v=28,7\%) < \bar{\Delta} G_{TSRII} = 0,46 \quad \% \quad (n=18, v=32,3\%) \text{ und} \\ \bar{\Delta} G_{ARI} &= 0,066 \quad \% \quad (n=34, v=26,3\%) < \bar{\Delta} G_{ARII} = 0,087 \quad \% \quad (n=18, v=28,3\%) \end{aligned}$$

ein jeweils deutlicher, statistisch "stark gesicherter" Unterschied (statistische Sicherheit 99%) gefunden.

Die unterschiedliche Wirkung der Befeuchtung des Luftstromes durch Verdampfen ("D") oder Versprühen ("F") von Wasser zeigte sich in einer bei Dampfbefeuchtung erhöhten Wärmeübertragung, die auf Kondensationswirkung zurückzuführen ist. So wurde z.B. bei  $t_M = 20\%$ ,  $w_L = 2,3 \text{ m/s}$

$$\bar{k}_D = 24,0 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}, \quad (n=5, v=6,1\%) > \bar{k}_F = 21,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}, \quad (n=3, v=10,9\%)$$

ermittelt, entsprechend

$$\bar{h}_D = 47,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}, \quad (n=5, v=13,9\%) > \bar{\alpha}_F = 43,8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}, \quad (n=3, v=23,5\%)$$

und

$$\bar{g}_D = 0,71 \frac{\text{cm}}{\text{h}}, \quad (n=5, v=7,7\%) > \bar{g}_F = 0,65 \frac{\text{cm}}{\text{h}}, \quad (n=3, v=11,8\%)$$

Demgegenüber lag der Massenverlust  $\Delta G$  bei Sprühwasserbefeuchtung niedriger, d.h. günstiger, infolge hier erhöhtem Wasserübergang an die Produktoberfläche; er betrug bei schonend vorbehandeltem Gut

$$\bar{\Delta} G_F = 2,0 \quad \% \quad (n=3, v=35,7\%) < \bar{\Delta} G_D = 3,0 \quad \% \quad (n=5, v=45,9\%).$$

Diese in allen Fällen gleichsinnigen Unterschiede zwischen Dampf- und Sprühwasserbefeuchtung sind zwar zahlenmäßig erkennbar, wegen des begrenzten Stichprobenumfangs statistisch aber nicht gesichert. - Bei den Verlustkomponenten  $\Delta G_{TS}$  und  $\Delta G_A$  zeigten sich demgegenüber gemäß

$$\bar{\Delta} G_{TSF} = 0,21 \quad \% \quad (n=3, v=26,2\%) = \bar{\Delta} G_{TSD} = 0,21 \quad \% \quad (n=4, v=41 \quad \%)$$

und

$$\Delta G_{AF} = 0,065\% \quad (n=3, v=14,0\%) = \Delta G_{AD} = 0,065\% \quad (n=4, v=35,8\%),$$

keine Unterschiede, da die Befeuchtung des Luftstromes durch Versprühen von Wasser eine Reduzierung nur des Gesamtverlustes  $\Delta G$  infolge erhöhtem Wasserübergang an das Gut bewirkt.

Für die unmittelbare Umsetzung in die Praxis ist natürlich die Frage nach Zeit- und Energieaufwand am interessantesten: die Auftaugeschwindigkeit  $g$  (in  $\text{cm/h}$ ) summiert die verschiedenen Einflüsse und zeigt, daß bei einer Luftgeschwindigkeit von  $w_L = 1,2$  bis  $4,7 \text{ m/s}$  eine Steigerung der Feuchtlufttemperatur  $t_M$  um je  $10^\circ\text{C}$  eine Zunahme von  $g$  um  $\Delta g = 0,28$  bis  $0,35 \text{ cm/h}$  bewirkt; ausgehend von z.B.  $t_M = 12^\circ\text{C}$  ergibt dies eine Steigerung der Auftaugeschwindigkeit von  $g = 0,34$  bis  $0,50 \text{ cm/h}$  auf  $g + \Delta g = (0,34 + 0,28)$  bis  $(0,50 + 0,35) = 1,82 \times 0,34$  bis  $1,70 \times 0,50 \text{ cm/h}$ , d.h. um 82 bis 70% (Tab., Nr. 6). - Entsprechend muß je z.B. 10% Abnahme des Fettgehaltes (bzw. 9,26% Zunahme des Wasserge-

haltes) im Auftaugut (Tab., Nr. 1), der Aufwand an der vom erwärmten Feuchtluftstrom auf das Auftaugut zu übertragenden spezifischen Auftauenergie  $q \frac{\text{kWh}}{\text{t}}$  um netto  $\Delta q = 7,75 \frac{\text{kWh}}{\text{t}}$  gesteigert werden (Tab., Nr. 2); ausgehend von z.B. einem Fettgehalt  $\varphi = 20\%$  (Wassergehalt  $\xi = 61,5\%$ ) ergibt die Abnahme auf  $\varphi = 10\%$  (Zunahme auf  $\xi = 70,8\%$ ) eine erforderliche Steigerung der spezifischen Auftauenergie von  $q_{20} = 72,98 \frac{\text{kWh}}{\text{t}}$  auf  $q_{10} = q_{20} + \Delta q = 72,98 + 7,75 = 1,11 \times 72,98 \frac{\text{kWh}}{\text{t}}$ , d.h. um 11%.

#### Zitierte Literatur:

- (1) MÜLLER, K.-U.: Fischindustrie und Küstenfischgroßhandel. Jber. dt. Fischw. 1983/84 : 45 - 50, 1984.
- (2) FLECHTENMACHER, W.: Messung der Wärmeübertragung beim Auftauen von von Fischfiletplatten (1. Mitt.: Meßmethode). Z. Lebensmitteltech. u. -Verfahrenstech. 34 (4): 273 - 281, 1983.

W. Flechtenmacher  
Institut für Biochemie und Technologie  
Hamburg

#### NEUE LITERATUR

SEYMOUR, E.A.: Feeding biology and growth of the European eel Anguilla anguilla (L.) in relation to warmwater aquaculture. Ph. D. thesis. Polytechnic of Central London, Department of Life Sciences, December 1984.  
242 p., figs, tabs.  
(Bezug durch den Autor: Marylebone Hall (PLL) 35, Marylebone Road, London NW1 5 LS, England UK; Einband fest £ 125,-, flexibel £ 69,-).

Die dargestellten Untersuchungen befassen sich im wesentlichen mit dem Einfluß von Haltungparametern auf das Wachstum von Aalen unter Farm-Bedingungen. Die Ergebnisse über den Einfluß von angebotener Futtermenge, Fütterungshäufigkeit, Wassertemperatur und Besatzdichte auf aufgenommene Nahrungsmenge, Zuwachs und soziales Verhalten werden tabellarisch, mathematisch und graphisch dargestellt.

Die Versuche wurden durchgeführt mit Aalen von 1 - 10 g Stückgewicht in Becken mit 2 l Wasserinhalt und 5 cm Wassertiefe und liefen jeweils über etwa 3 Wochen. Die Kleinheit der Versuchseinheiten war schon durch Anzahl der Versuchsreihen und durch die erforderliche Beckenanzahl bedingt. Welche Aussagen auch auf kommerzielle Farmbedingungen übertragen werden können, wird aus der Praxis beantwortet werden müssen. Daß 25° - 26° C Temperatur das Temperaturoptimum für Zuwachs und Futterverwertung darstellen, war bereits in anderen Publikationen belegt worden. Die Feststellung, eine Bestandsdichte von 25 kg/m<sup>3</sup>, wie sie häufig praktiziert wird, sei - aus dem sozialen Verhalten der Aale erklärt - ungünstiger als niedrigere oder höhere Dichten, kann aus eigenen Untersuchungen nicht bestätigt werden. Zumindest wird für unterschiedliche Haltungstechniken zu differenzieren sein.

Trotz der reichlich zitierten Literatur werden etliche Publikationen gerade zur Farmhaltung von Aalen vermißt. So sind zahlreiche, auch englischsprachige Veröffentlichungen z.B. aus der Bundesrepublik, aus den letzten Jahren dem Autor offenbar entgangen.

Der Umfang der Arbeit ist durch die an eine Dissertation zu stellenden Anforderungen bedingt. Die gleichen Untersuchungen, in wissenschaftlichen Zeitschriften abgehandelt, würden weit weniger voluminös sein. Zur Zeit stehen sie nur in Originalfassung zur Verfügung. Das Werk wird vom Autor - professionell gebunden - zum Verkauf angeboten und ist von ihm direkt beziehbar.

Koops