

## TIERSCHUTZ

### Zum tierschutzgerechten Betäuben und Töten von Aal

Holmer Kuhlmann, Institut für Fischereiökologie

Werner Münkner, Jörg Oehlschläger, Institut für Fischereitechnik und Fischqualität

Hans van de Vis, Netherlands Institute for Fisheries Research (RIVO), IJmuiden

In Deutschland wurden in den letzten Jahren jeweils 3000 bis 4000 t Aale vermarktet. Davon betrug der Anteil an lebenden Aalen 2000 bis 2500 t, die fast ausschließlich zu heißgeräucherten Erzeugnissen verarbeitet wurden. Die Be- und Verarbeitung der Aale verteilt sich auf Betriebe mit einer Tageskapazität von einigen Kilogramm über mehrere 100 Kilogramm bis zu einigen Tonnen zum Weihnachtsgeschäft. Diese sehr unterschiedlichen Mengen an Rohwaren stellen auch an die erforderliche Betäubungs-, Tötungs- und Schlachtausstattung der Betriebe spezifische Anforderungen.

Eine Übersicht über die deutsche Aalvermarktung der letzten 3 Jahre wird in Tabelle 1 wiedergegeben. Der jährliche, in der Tabelle 1 nicht erfasste Eigenfang, wird auf ca. 800 t geschätzt und wird überwiegend als lebende Aale gehandelt. Die wichtigsten Lieferländer für die Importe von lebenden Aalen sind die Niederlande, Italien und Dänemark, die in den letzten Jahren zusammen 85 % der in Deutschland verbrauchten Menge lieferten.

Aufgrund der spezifischen physiologischen und anatomischen Eigenschaften ist der Aal ein sehr widerstandsfähiger, zählebiger und daher ein im Vergleich zu vielen anderen Knochenfischen schwer zu betäubender bzw. zu

tötender Fisch. Eine Beurteilung der Betäubung ist wegen der außerordentlich stark ausgeprägten Rückenmarkreflexe beim Aal schwierig. Hinzu kommt die außergewöhnlich stark ausgeprägte natürliche Schleimschicht, die vor dem Schlachten und Bearbeiten prinzipiell zu entfernen ist. Diese Besonderheiten erfordern einen höheren Aufwand im Vergleich zur Verarbeitung anderer Fischarten und führten in der Vergangenheit zu Betäubungs- und Tötungsverfahren, die den heutigen tierschutzrechtlichen Aspekten nicht gerecht wurden.

Seit dem 3. 3. 1997 wird das Betäuben, Töten und Schlachten auch von Fischen in Deutschland durch die Tierschutz-Schlachtverordnung (TierSchlV 1997) und

Tabelle 1: Aalvermarktung in der Bundesrepublik Deutschland 1998 bis 2000 (Stat. BA 2000)<sup>1)</sup>. Die aufgeführten Gesamtmengen repräsentieren nur die Importe, nicht den Eigenfang.

Marketing of eel in Germany 1998 to 2000 (Stat. BA 2000)<sup>1)</sup>. The shown total amounts only represent imports, not own catches.

	1998		1999		2000	
	Menge <sup>1)</sup> t	Wert Mio. DM	Menge <sup>1)</sup> t	Wert Mio. DM	Menge <sup>1)</sup> t	Wert Mio. DM
Gesamt	3194	55,16	2643	42,96	2263	34,89
davon						
lebend	1724	29,93	1452	24	1222	18,53
frisch, gekühlt	536	10,22	440	7,98	447	7,05
gefroren	847	12,26	692	9,23	522	7,34
geräuchert	86	2,29	60	1,76	73	1,98

die 1. Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Schlachtverordnung vom 25. 11. 1999 (TierSchlV 1999) gesetzlich geregelt. Mit diesen Verordnungen wurde gleichzeitig die Schlachtrichtlinie 93/119/EG (EG 1993) des Rates in nationales Recht umgesetzt.

Nach diesen Verordnungen sind gewerbsmäßig beim Betäuben und Töten von Aal nur die elektrische Durchströmung (Elektroschock) und bei einer Begrenzung bis zu 30 Aalen pro Tag die Durchtrennung der Wirbelsäule (Genickstich ohne vorherige Betäubung) gestattet. Prinzipiell ist weiterhin der Einsatz von Anästhetika zugelassen, ausgenommen sind Stoffe wie Ammoniak, die gleichzeitig zum Entschleimen dienen. Für die Zulassung von Anästhetika muss jedoch ein spezielles Genehmigungsverfahren beim Bundesministerium für Gesundheit eingeleitet werden.

In den anderen europäischen Ländern, die Aal verarbeiten, fehlen bisher neue tierschutzrechtliche Regelungen für das Betäuben, Töten und Schlachten von Aal. So wird in den Niederlanden das traditionelle Töten und Entschleimen in trockenem Kochsalz durchgeführt (Vis et al. 2001). In Dänemark werden Ammoniak bzw. Kochsalz benutzt (Herborg, pers. Mittlg.). Die italienische Aalverarbeitungsindustrie setzt zumindest teilweise das Elektroschockverfahren ein (Welpona, pers. Mittlg.).

Aufgrund des in den letzten 15 Jahren gewachsenen Interesses und der Sensibilität der Öffentlichkeit für die Einhaltung ethischer Grundsätze beim Umgang mit Tieren einschließlich deren Betäubung, Tötung und Schlachtung sah sich die Europäische Union (EU) veranlasst, ein entsprechendes gemeinschaftliches Projekt zu finanzieren. Im Jahre 1997 wurden durch die EU-Kommission die finanziellen Mittel für das Forschungsprojekt „Optimisation of harvest procedures of farmed fish with respect to quality and welfare (FAQUWEL)“ im Rahmen des 4. Forschungsrahmenprogramms bereitgestellt.

Schwerpunkt des Projektes sollten Untersuchungen zum tierschutzgerechten Betäuben, Töten und Schlachten der Fischarten Goldbrasse (*Sparus aurata*), Atlantischer Lachs (*Salmo salar*) und Aal (*Anguilla anguilla*) bilden.

Über einen Zeitraum von 3 Jahren wurden unter Leitung von Hans van de Vis als Koordinator, DLO-Netherlands Institute for Fisheries Research (RIVO-DLO), IJmuiden, die Arbeiten mit folgenden europäischen Partnern koordiniert:

- Instituto del Frio CSIC, Madrid, Spanien (Goldbrasse)
- Department of Clinical Veterinary Science, University of Bristol, Großbritannien (Atlantischer Lachs)
- Robert Gordon University Food Science and Technology Centre, Aberdeen, Schottland (Atlantischer Lachs)
- Fiskeriforskning, Norwegian Institute of Fisheries and Aquaculture Ltd., Tromsø, Norwegen (Atlantischer Lachs)
- Institute of Marine Research, Matre Aquaculture Research Station, Matredal, Norwegen (Atlantischer Lachs)
- Ryaal B. V., Helmond, Niederlande (Aal)
- Netherlands Institute for Fisheries Research (RIVO-DLO), IJmuiden, Niederlande (Aal)
- Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg (Aal)

Im Verlauf der Untersuchungen von Betäubungs- und Tötungsverfahren für Aal wurde zur Durchführung von Hirnstrommessungen das

- Institute for Animal Science and Health (ID-Lelystad), Lelystad, Niederlande,

als weiterer Partner gewonnen.

Neben den regelmäßigen Konsultationstreffen der Partner, auf denen die Arbeit koordiniert wurde und auf denen Fachwissenschaftler anderer Forschungseinrich-

**On the stunning and slaughtering of eels (*Anguilla anguilla*) in accordance with animal welfare**

Slaughtering of eels should be done not only under animal welfare aspects but as well under consumer protection and economical aspects with respect to technical feasibility. Methods must be practicable for enterprises slaughtering quantities of several kilograms up to several tons per day. Most methods applied up to now in whole Europe were (are) not in accordance with animal welfare mainly due to lacking prescriptions and alternative methods.

The great number of experiments carried out within the frame of this project demonstrate the difficulties to combine optimal welfare demands with economical and technical feasibility aspects in one method. Measurements of EEG (electroencephalogram) and ECG (electrocardiogram) have shown, that the method laid down in the german legislation does not perfectly stun all eels. This method was improved by apply-

ing a „prestun“ with 220 V for 1 sec., followed by a 5 min phase at 45 V to prolongue the time of unconsciousness after the stun. Inflating nitrogen gas into the stunning bath additionally causes asphyxia during the stun. By this method 93% of the eels were stunned or even killed. Applying 220 V for bigger batches of eels (~400 kg) will cause big problems with the energy supply. Therefore this method is restricted to batches of 20 - 50 kg. The method laid down in the german legislation probably can be improved. Eels were stunned successfully without water, avoiding the problems of regional differences in the conductivity of the water. Other types of current and other frequencies and a combination of both should be tested as well as alternative electrode geometries also with respect to blood spots which occasionally occurred in the muscles preferably of bigger eels (>800 g). For the time being the method laid down in the german legislation is a reasonable compromise and under animal welfare aspects represents a considerable improvement.

tungen über die erreichten Ergebnisse berichteten, wurden gemeinsame experimentelle Arbeiten durchgeführt. So traf sich speziell die Arbeitsgruppe Aal insgesamt fünfmal zu gemeinsamen Experimenten über jeweils eine Woche im Institut in IJmuiden bzw. in der kommerziellen Aalmanufaktur Royaal in Helmond unter teilweiser Mitwirkung des Department of Clinical Veterinary Science, Bristol, und des Institute for Animal Science and Health, Lelystad.

Im Mittelpunkt standen dabei Untersuchungen zum Einsatz des Elektroschockverfahrens und von Anästhetika. Eine Zielstellung des Projektes bestand u. a. in der Evaluierung objektiver Methoden zur Hirn- und Herzstrommessung mittels EEG (Elektroenzephalogramm) und EKG (Elektrokardiogramm) zur sicheren Bestimmung der Bewusstlosigkeit und Insensibilität der Tiere, die die Basis für die sich anschließenden Untersuchungen zur Auswahl und Entwicklung effektiver tierschutzgerechter und die Qualität sichernder Betäubungs- und Tötungsverfahren bildeten.

### Durchgeführte Experimente und Ergebnisse

Nach ersten orientierenden Untersuchungen verschiedener Betäubungs- und Tötungsverfahren (z. B. Eisbad, Pressluftbolzenschussgerät bzw. Pressluftstempel und Anästhetika) bei Goldbrasse erwies sich der Pressluftstempel als tierschutzgerecht und effizient, führte aber zu mechanischer Beschädigung des Kopfes und damit besonders in Ländern, in denen Fisch als ganzes angeboten und vom Verbraucher so bewertet wird, zu einer Verkaufsbeeinträchtigung. Eine praktische Anwendung der Methode wird als schwierig eingeschätzt. Für die weiteren Arbeiten wurde das bisher schon in der Praxis eingesetzte Eisbad in den Mittelpunkt gestellt.

Bei Atlantischem Lachs konzentrierten sich nach Test der o. a. Betäubungs- und Tötungsverfahren einschließlich der Kohlendioxidanwendung im Hälterungswasser die Untersuchungen auf das Pressluftbolzengerät und den Pressluftstempel. In den folgenden Ausführungen wird über die Experimente mit Aal berichtet.

#### **Technologische Schritte bei der industriellen Aalverarbeitung**

Die einzelnen technologischen Schritte bei der Aalverarbeitung werden im Fließschema (Abbildung 1) wiedergegeben und im Folgenden kurz erläutert.

#### **Untersuchte Betäubungs- und Tötungsverfahren**

*Feststellung des Betäubungseffektes  
(Bewusstlosigkeit, Insensibilität)*

Die objektive Bestimmung der Bewusstlosigkeit und Insensibilität bildet die Voraussetzung für eine sichere

tierschutzgerechte Beurteilung der zur Auswahl stehenden Betäubungs- und Tötungsverfahren bei Tieren.

In der ersten Phase der Untersuchung von Betäubungs- und Tötungsverfahren für Aal musste zunächst auf subjektive, aber praxisübliche Beurteilungskriterien zurückgegriffen werden, da eine objektive Messmethodik nicht zur Verfügung stand. Maßstab für die Bewertung von Bewusstlosigkeit und Insensibilität bildeten die während des gesamten Betäubungs-, Tötungs- und Verarbeitungsprozesses anhaltende **Bewegungslosigkeit, das Nichtreagieren auf Stimuli, die Fixierung des Auges und die gestreckte Körperlage (Stabform)** der Aale.

In der zweiten Phase wurden zur Messung von Hirn- und Herzströmen als Reaktion auf mechanische Stimuli beim Aal zur Beurteilung der Betäubung bzw. zum Feststellen des Todes von den holländischen Kollegen ein Verfahren zur Implantation von Elektroden zur Hirnstromableitung entwickelt. Über die benutzte Messmethodik ist bereits an anderer Stelle berichtet worden (Lambooi et al. 2001).

In gemeinsamen Experimenten wurden die Verfahren und elektrischen Parameter erarbeitet, bei denen ein Maximum der Tiere anhand der gemessenen Daten des Enzephalogramms und des Elektrokardiogramms eine gute Betäubung zeigten bzw. tot waren (anhaltender Herzstillstand).



Abbildung 1: Fließschema der Herstellung von Räucheraal  
Flow chart for production of smoked eel.

### Kohlendioxid

Kohlendioxid ist in der TierSchlV für Salmoniden zugelassen. Die mit Aalen durchgeführten Experimente zur Betäubung mit Kohlendioxid verliefen alle unter Tierschutzaspekten völlig unbefriedigend. Nach einer langen Phase heftigster Irritationen mit Fluchtversuchen trat Ruhigstellung in der Regel erst nach ca. 0,5 h ein. Getestet wurde Betäubung in Wasser, das mit Kohlendioxid gesättigt bzw. hoch übersättigt wurde, sowie eine reine Kohlendioxid-Gasatmosphäre.

### Kälteschockbad (Kochsalzsole, $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

Die Anwendung tiefgekühlter gesättigter Kochsalzlösung ist prinzipiell möglich, unterliegt aber gewissen Einschränkungen. Temperaturmessungen im Aal zeigten, dass das Gehirn bereits nach wenigen Minuten Minustemperaturen aufweist. Für größere Aale (>800 g) muss die Expositionszeit jedoch so lang sein, dass Produktveränderungen (z. B. schweres Ablösen der Haut beim Räucheraal) eintreten. Darüber hinaus ist die Bereitstellung tiefgekühlter Sole mit erheblichem technischen Aufwand verbunden. Abgesehen von diesen technischen Schwierigkeiten erscheint nach den durchgeführten Experimenten diese Methode für Aale bis ca. 400 g praktikabel. Ein Einfluss der Sole auf den Salzgehalt des Endproduktes konnte nicht nachgewiesen werden.

### Anästhetika

Bei der Prüfung von Anästhetika zum Betäuben und Töten von Aal konzentrierten sich die Untersuchungen auf Eugenol (4-Allyl-2-methoxyphenol), das seit 1996 als hochwirksames Präparat unter der Bezeichnung „Aqui-S“ im Handel angeboten wird, und auf chemisch verwandte Verbindungen wie z. B. die in der Lebensmittelindustrie eingesetzten Antioxidantien BHA (2-Tert.-butyl-4-methoxyphenol) und BHT (2,6-Di-tert.-butyl-p-kresol).

Sowohl „Aqui-S“ als auch BHA eignen sich für ein Ruhigstellen und Stressabbau, wenn die Präparate in einer Konzentration von 0,003 %, bezogen auf den Wirkstoffanteil, über mindestens 45 min im Halterungswasser eingesetzt werden. Für eine Betäubung und Schlachtung von Aal im industriellen Maßstab wird jedoch für beide Präparate keine Chance gesehen. Es besteht derzeit auch noch keine Zulassung für diese Mittel. Über die Untersuchungen mit Anästhetika wurde bereits an anderer Stelle ausführlich berichtet (Kuhlmann et al. 2000).

### Pressluftbolzengerät

Der Einsatz dieses Gerätes zur möglichst vollständigen Entfernung des Zentralnervensystems (ZNS) bei nicht anästhetisierten Aalen ist unmöglich, da sich die Tiere nicht exakt positionieren und dann arretieren lassen. Aber auch bei anästhesierten Tieren ist keine Sicher-

heit für eine genaue Positionierung gegeben, so dass es bei einem nicht exakten Treffen und Entfernen des ZNS zu vehementen Reaktionen kommt. Aus den dargelegten Gründen scheidet diese Methode für eine tierschutzgerechte Tötung von Aalen aus.

### Elektroschockverfahren

#### *Betäubungsverfahren entsprechend der Tierschutz-Schlachtverordnung*

Die Anwendung von Strom zum Betäuben und Töten von Tieren, insbesondere auch von Fischen (Forelle, Karpfen) ist seit Jahren bekannt und auch in der Praxis üblich. Im Rahmen des Projektes sollte geprüft werden, wie die bekannten Verfahren für den Aal abgewandelt werden müssen. Der Aal stellt mit seiner Physiologie, seinem Verhalten und seiner Körperform besondere Anforderungen an ein Betäubungsverfahren. Darüber hinaus sollte ein zu entwickelndes Verfahren zur Betäubung großer Aalmengen geeignet sein.

Um die Akzeptanz des Elektroschockverfahrens bei den potentiellen Anwendern zu erhöhen, aber auch aus Sicherheitsüberlegungen heraus, wurde in den im Rahmen des Projektes durchgeführten Experimenten zunächst mit Niederspannung (45 bis 50 V) gearbeitet. Da die Betäubungsergebnisse mit Wechselstrom und Gleichstrom gleich waren, wurde wegen des geringeren technischen Aufwandes generell mit Wechselstrom gearbeitet. Als Stromquelle wurde ein Schweißtransformator benutzt.

Als Kriterium für eine ausreichende Betäubung wurde zunächst die völlige Reglosigkeit nach der Betäubung, während des unmittelbar anschließenden Entschleimungsvorganges in Ammoniak und der anschließenden Schlachtung gewertet.

Als Standard-Betäubungsverfahren bewährte sich z. B. für Aalmengen bis ca. 40 kg. ein Betäubungsgefäß in den Abmessungen  $60 \times 40 \times 40$  cm, Boden- und Deckelektrode, 47 V Wechselspannung, bei 20 kg Aal, 11 cm Elektrodenabstand und  $1,86 \text{ A/dm}^2$  Elektrodenfläche bei einer Leitfähigkeit des Wassers von  $250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Die Stromflussdauer betrug 5 min. Die Parameter ändern sich bei größeren Aalmengen mit dem Elektrodenabstand. Vorgeschriebene Stromstärken müssen jedoch eingehalten werden. Unmittelbar nach dem Einschalten des Stromes werden die Aale reglos und steif, gelegentlich tritt leichtes Zittern der Schwanzspitze oder von Flossenbereichen auf. Nach dem Ausschalten des Stromes kollabieren die Aale und bleiben in Frischwasser noch ca. 10 min reglos. Das Betäubungsverfahren schreibt allerdings eine unmittelbar anschließende Entschleimung vor. Bei Einhaltung der elektrischen Parameter und der Stromflussdauer von 5 min ist dieses Verfahren nach der TierSchlV als tierschutzgerecht zu beurteilen.

Das Betäubungsverfahren mit Niederspannung ist auf Aalmengen von ca. 50 kg begrenzt, da bei größeren Mengen die Stromparameter nicht mehr eingehalten werden können. Beim Betäuben und Töten größerer Aalmengen treten spezifische technische und elektrische Probleme auf.

#### „Peak stun“-Verfahren mit Stickstoffeinleitung

Das Elektroschockverfahren soll dazu führen, dass möglichst alle Aale bereits beim Einschalten des Stromes in die Betäubungsphase eintreten. Bei Anwendung von 50 V und 1,7 A/dm<sup>2</sup> über eine Dauer von  $1,7 \pm 0,7$  s konnten nur bei 4 von 7 Aalen die für eine Betäubung typischen tonischen/klonischen und Erschöpfungsphasen beobachtet werden. Möglicherweise war die Betäubungstiefe zu kurz, so dass die Aale innerhalb der zur Vorbereitung der Messung notwendigen Zeit z. T. bereits wieder zu Bewusstsein kamen.

Als wirkungsvolleres Verfahren stellte sich eine Kombination aus Vorbetäubung bei 220 V, 0,69 A/dm<sup>2</sup>, einer Stromflussdauer von 1 s und einer unmittelbar anschließenden vertiefenden Betäubung bei 50 V, 0,1 A/dm<sup>2</sup> während 5 min heraus. Mit diesem Verfahren konnte bei 93 % aller Aale (n = 30) eine Betäubung erreicht werden.

Eine wesentliche Verbesserung der Methode konnte dadurch erreicht werden, dass während der Betäubungsphase Stickstoff in das Betäubungswasser eingeblasen und dadurch der Sauerstoffgehalt drastisch reduziert wurde. Der als Folge davon auftretende Sauerstoffmangel im Gehirn und wichtigen Organen (Herz) lässt vermuten, dass dieses Verfahren bei der überwiegenden Anzahl der Aale nicht nur zur Betäubung, sondern zum Tode führt.

Das „peak stun“-Verfahren ist mit den bisher getesteten Techniken in der Praxis für größere Aalmengen wegen des benötigten sehr hohen elektrischen Anschlusswertes nicht praktikabel. Ein Ausweg wäre die im Abschnitt *Technische Probleme bei der Betäubung größerer Aalmengen* beschriebene Mehrkammerbox, in der die Eingangsbetäubung nacheinander in den Kammern und die Vertiefung der Betäubung synchron in allen Kammern zugleich erfolgt.

Auch bei dieser Abwandlung erfordert das Verfahren einen sehr hohen technischen Aufwand (elektronische Regelung der Stromverteilung, Einblasen von Stickstoff), der von kleineren und mittleren Betrieben nicht erbracht werden kann und auch für industriemäßige Verarbeitungsbetriebe eine erhebliche Mehrbelastung bedeutet.

#### *Einfluss der Leitfähigkeit des Wassers auf die Betäubung*

Im Rahmen des Projektes durchgeführte Untersuchungen zur Leitfähigkeit der Aale haben einen Wert von ca.  $300 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  ergeben. Der Strom sucht sich immer den Weg der höchsten Leitfähigkeit. Ist die Leitfähigkeit des Wassers höher als die der Aale, fließt der Strom zum großen Teil durch das Wasser, ist sie niedriger, sind die Verhältnisse umgekehrt. Daraus ergibt sich, dass in Abhängigkeit von den natürlichen Unterschieden in der Leitfähigkeit des Wassers (ca. 150 bis mehr als  $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) die elektrischen Parameter der Leitfähigkeit angepasst werden müssen.

Um diese Schwierigkeit, die in der Praxis auch zu nicht tierschutzgerechten Anwendungen führen kann, zu umgehen, wurden Aale versuchsweise auch ohne zusätzliches Wasser (feucht) elektrisch betäubt. Bei gleichen Stromparametern war der Betäubungseffekt genauso gut wie mit Wasser. Bei einzelnen Aalen bildeten sich an den Kontaktstellen mit den Elektroden Strommarken, die allerdings bei der Bearbeitung weitgehend wieder verschwanden und beim Räucheraal nicht mehr zu sehen waren. Strommarken sind Pigmentstörungen in der Haut und beeinflussen die Muskulatur nicht.

Dieses Verfahren wird als sicherer eingeschätzt, ist allerdings laut TierSchlV nicht zugelassen.

#### *Technische Probleme bei der Betäubung größerer Aalmengen*

Die TierSchlV schreibt vor, dass das Betäuben von Aalen im Wasserbad zu erfolgen hat und dass das Feld im gesamten Betäubungsbad homogen sein muss. Grundgedanke ist, dass das Wasser „Träger“ des elektrischen Feldes ist und der Fisch – entsprechend seiner Körperposition – Spannung aus diesem Feld „abgreift“. Homogenität des Feldes erreicht man am besten zwischen zwei sich parallel gegenüberstehenden plattenförmigen Elektroden. Sie können entweder an zwei sich gegenüberstehenden Wänden des Betäubungsgefäßes befestigt oder als Boden- und Deckelektrode ausgebildet sein. Die Verwendung von Boden- und Deckelektrode hat den Vorteil, dass man die Entfernung der Elektroden der Aalmenge anpassen kann.

Für die Betäubung von Aalen ist in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit des Wassers eine bestimmte Stromstärke pro Elektrodenfläche nötig, die in der TierSchlV festgelegt ist. Diese Stromstärke ergibt sich aus der angelegten Spannung, der Leitfähigkeit des Wassers, der Größe und der Entfernung der Elektroden voneinander. Die Menge der benötigten elektrischen Energie nimmt mit der Elektrodenfläche und mit dem Elektrodenabstand zu.

Für größere Aalmengen – in der Praxis sind Mengen von ca. 300 bis 400 kg, die simultan betäubt werden müssen, nicht selten – werden entweder größere Abstände der Elektroden oder größere Elektrodenflächen benötigt. Das hat zur Folge, dass nicht mehr mit Niederspannung, sondern mit 220 V, 380 V oder sogar noch höheren Spannungen gearbeitet werden muss.

Zwei Rechenbeispiele für einen Batch von 400 kg Aal zeigen die Problematik: So kann man z. B. mit einem Elektrodenabstand von 163 cm bei einer Elektrodenfläche von 24,5 dm<sup>2</sup> arbeiten; dann wäre eine Spannung von 2174 V nötig, um den Mindeststromfluss pro Elektrodenfläche einzuhalten, oder man vergrößert die Elektrodenfläche auf 267 dm<sup>2</sup> bei einem Elektrodenabstand von 15 cm, dann wäre eine Stromstärke von 184 A nötig, um die Mindeststromstärke pro Elektrodenfläche einzuhalten. Beide Forderungen sind unrealistisch und selbst von industriemäßig arbeitenden Betrieben nicht einzuhalten.

Verschiedene Versuche wurden unternommen, diese Schwierigkeiten zu umgehen:

- **Betäubungsboxen mit stabförmigen Elektroden**  
Das Verfahren wurde im Rahmen des Projektes entwickelt. Die auf einer Isolierplatte montierten Stabelektroden (Aluminium, 15 mm Ø, 7 cm Abstand) werden zwischen die in der Box befindlichen Aale abgesenkt. Bei Anwendung von 45 V und 5 min Stromfluss wurden nach 30 min im Frischwasser keine Bewegung und keine Reaktion auf Reize festgestellt. Es machte keinen Unterschied, ob die Stabelektroden „in Reihe“ oder „alternierend“ gepolt wurden. Bei gleichbleibendem Elektrodenabstand kann die Elektrodenfläche reihenweise erweitert werden. Begrenzend wirkt auch hier die schließlich insgesamt benötigte Stromstärke.
- **Betäubungsboxen mit alternierend gepolten senkrecht stehenden Plattenelektroden**  
Auch bei diesem Verfahren kann bei festem Elektrodenabstand durch Hinzufügen weiterer Plattenelektroden die Kapazität erweitert werden. Begrenzend ist wiederum die Gesamtstromstärke. Dieses Verfahren wird in der Praxis z. T. bereits angewendet.
- **Mehrkammer-Betäubungsboxen**  
Bei diesem im Rahmen des Projektes entwickelten Verfahren werden mehrere Kammern mit jeweils eigenen Boden- und Deckelektroden über eine elektronische Steuerung mit vorgegebener Spannung versorgt. Dabei können die Kammern entweder nacheinander wechselnd mit dem Maximum an verfügbarem Strom versorgt werden, oder alle Kammern gleichzeitig. Besonders bei Anwendung des sog. „peak stun“

(siehe Abschnitt „*Peak stun*“-Verfahren mit Stickstoffeinleitung) ist der Einsatz dieses Verfahrens sinnvoll, da die elektrische Hauptlast von 1 s Betäubung bei 220 V (peak stun) nacheinander auf die drei Kammern geleitet werden kann und anschließend alle drei Kammern synchron auf 15 min Betäubung bei 45 V umgeschaltet werden können.

### Entschleimen

Der Entschleimungsvorgang hat einen wesentlichen Einfluss auf das Produkt und ist mit den zu verwenden Chemikalien auch ein umweltrelevanter Vorgang. Beide Aspekte mussten bei der Weiterentwicklung bestehender Verfahren berücksichtigt werden.

Nach dem Betäuben und Töten des Aals wurden für das Entschleimen wässrige alkalische, saure und Enzymbäder getestet. Dazu wurden verschiedene Bad-Aal-Mischungen in Kombination mit mechanischer Bewegung eingesetzt. Zum Bewegen der Mischungen wurden Mixaggregate nach dem Tumbler-Prinzip aus der Lebensmittelindustrie herangezogen.

Die gleichmäßige Bewegung der Aale beim Entschleimungsvorgang bildet die Garantie für die notwendige gründliche Schleimentfernung. Als Standardparameter für das Bewegen beim Entschleimen wurden 10 min bei 10 U/min gewählt. Die Entschleimungsergebnisse mit unterschiedlichen Badzusammensetzungen werden in der Tabelle 2 gezeigt.

Die in der Tabelle 2 hervorgehobene gesättigte wässrige Calciumhydroxidlösung (Kalkmilch), 10%ige Soda- bzw. 0,3%ige Ammoniaklösung zeigten bei einem Verhältnis von 3:100 (Entschleimungsagens:Aal) sehr gute Entschleimungsergebnisse. Für die industrielle Entschleimung wird insbesondere Kalkmilch favorisiert, da diese Verbindung ökologische und ökonomische Vorteile gegenüber Ammoniak (NH<sub>3</sub>) und Soda (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) bietet. Der Entschleimungsverlust betrug 5 bis 6 %, bezogen auf das Frischgewicht des Aals.

### Salzen

Der entschleimte und entweidete Aal muss vor dem Räucherprozess so gesalzen werden, dass sich nach den deutschen Verzehrsgewohnheiten ein gewünschter Kochsalzgehalt von etwa 1,5 % im Fleischanteil einstellt. In der fischverarbeitenden Industrie werden dazu überwiegend Salzlösungen (Laken) eingesetzt. So werden z. B. etwa 500 g schwere bearbeitete Aale in 10%iger Lake bei einem Aal-Lake-Verhältnis von 1:1 über 2 h unter gelegentlichem Rühren gesalzen. Die Lake wird nur einmal benutzt und muss dann entsorgt werden.

Als alternatives Salzungsverfahren wurde der Einsatz von kristallinem Kochsalz bzw. Lake in einem Vaku-

Tabelle 2: Überblick über den Effekt verschiedener chemischer Stoffe als wässrige Lösungen zum Entschleimen von Aal. Overview of effect of various chemical compounds dissolved in water for desliming of eel.

Chemische Stoffe	Konzentr. Entschleim. bad	pH	Verhältn. Entschleim.- bad : Aal	Bewegungszeit (min)	Wirkung/Ergebnis
NH <sub>3</sub>	3000 mg/kg (0,3%)	11,2	2:1	10	sehr gut; Schleim komplett gelöst; Lösung/Bad stark viskos; starke Geruchsbelästigung
NH <sub>3</sub>	7000 mg/kg	11,8	2:1	10	wie oben; sehr starke Geruchsbelästigung
<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>3000 mg/kg</b>	<b>11,2</b>	<b>3:100</b>	<b>10</b>	<b>sehr gut; komplette Lösung des Schleims; Aale nahezu trocken; geringe Geruchsbelästigung; leichtes Kiemenbluten</b>
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	5%	11,1	2:1	10	zufriedenstellend bis gut; gelöster Schleim in Flocken koaguliert; Lösung/Bad nur schwach viskos; intensives Kiemenbluten; keine Geruchsbelästigung
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	10%	11,2	2:1	10	gut; alle weiteren Ergebnisse s.o.
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	<b>10%</b>	<b>11,2</b>	<b>3:100</b>	<b>10</b>	<b>sehr gut; komplette Lösung des Schleims in Flockenform; Aale nahezu trocken; nur geringes Kiemenbluten</b>
Citronensäure	1%	2,1	2:1	10	nicht ausreichende Entschleimung; Schleim weiß koagulierend und an der Haut haftend
Enzym (Protease)	0,02% (mit Citronensäure)	2,9	2:1	10	nicht ausreichende Entschleimung; Schleim weiß koagulierend und an der Haut haftend
Ca(OH) <sub>2</sub>	Kalkmilch	12,5	2:1	10	nicht ausreichende Entschleimung; intensives Kiemenbluten; keine Geruchsbelästigung
<b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>	<b>Kalkmilch</b>	<b>12,5</b>	<b>3:100</b>	<b>10</b>	<b>sehr gut; komplette Lösung des Schleims in Flockenform; kein Kiemenbluten</b>

um-Mischer (Vakuum-Tumbler) getestet. Zur Erzielung eines Salzgehaltes von 1,5 % im Fleisch wurden bei etwa 500 g schweren Aalen 6 % Salz, bezogen auf das Aalgewicht, oder die entsprechende Salzmenge als gesättigte Lake zugegeben und 10 min bei 10 U/min in einem Vakuum-Mischer bewegt.

Mit diesem Salzungsverfahren lässt sich eine Salzeinsparung und gleichzeitig eine Umweltentlastung erreichen. Das Verfahren wird bereits teilweise in der aalverarbeitenden Industrie eingesetzt (Koch, pers. Mittlg.).

#### **Qualitätseinfluss und -bewertung der einzelnen technologischen Schritte**

Generell wird dem Betäubungs- und Tötungsvorgang ein qualitätsbestimmender Einfluss bei Fischen hinsichtlich Dauer der Totenstarre, Fleischtextur, Eislagerzeit etc. zugeordnet.

Bei den im Rahmen des EU-Projektes FAQUWEL durchgeführten Untersuchungen konnte allerdings dieser Einfluss bei Goldbrasse (Pastor et al. 1998) und Atlantischem Lachs (Sørensen et al. 2000) nicht nachgewiesen werden. Auch bei Aal waren beim Vergleich der kommerziellen niederländischen Tötungsmethode und der Anwendung von Anästhetika in Kombination

mit dem Pressluftbolzengerät nur geringe Qualitätsunterschiede erkennbar (Vis et al. 2001).

Nach den Tests verschiedener Betäubungs- und Tötungsverfahren bei Aal stellte sich das Elektroschockverfahren als die Methode der Wahl heraus. Aus der kommerziellen Anwendung dieses Verfahrens bei Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) ist bekannt, dass Gewebelinierungen als Folge von Wirbel- und Grätenbrüchen in Abhängigkeit der eingesetzten Stromparameter auftreten können (Marx et al. 1999; Dalbey et al. 1996). Bei Anwendung von pulsierendem Gleichstrom von 140 V mit 100 Hz, einer Stromdichte von 0,06 A/dm<sup>2</sup> und einer Stromflussdauer von 13 s registrierten Marx et al. (1999) bis zu 30 % Blutungen. Robb et al. (2000) zeigten, dass durch Anwendung von Wechselstrom mit 500 bis 2000 Hz bei einer Stromflussdauer von mehr als 1 min die Blutungen drastisch gesenkt werden können.

Bei den von uns vorgeschlagenen elektrischen Parametern wurden z. T. erbsengroße Gewebelinierungen durch Wirbelsäulenschäden bei bis zu 5 % der Aale beobachtet, die nach dem Räuchern dunkle Stellen bildeten und als qualitätsmindernd eingestuft werden müssen. Diese Schäden wurden aber bei kleinmaß-

gen Aalen, wie sie z. B. in Holland vermarktet werden, nicht beobachtet.

In der Variation der elektrischen Parameter, wie z. B. der Frequenz und einer Gleichstromanwendung, sowie in der gestreckten Positionierung der Aale vor dem Stromfluss werden Wege zur Vermeidung der Gewebeeinblutungen gesehen.

Auch das Entschleimen stellt einen wichtigen qualitätsbeeinflussenden technologischen Schritt dar. Nur bei sorgfältigem Entschleimen werden die gewünschte gleichmäßige Räucherfarbe und das Raucharoma erzielt.

## Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Bei der Entwicklung von Verfahren zur tierschutzgerechten Betäubung/Tötung von Aalen müssen vielfache Belange berücksichtigt werden. Eine sehr hohe Priorität hat neben dem Verbraucherschutz ohne Zweifel der Tierschutz. Die Verfahren müssen andererseits in der Praxis finanzierbar und technisch anwendbar sein und das sowohl von Betrieben, die nur wenige Kilogramm pro Tag schlachten, als auch von Betrieben, die mehrere Tonnen pro Tag verarbeiten müssen.

Die bisher in der Praxis angewendeten Verfahren waren nicht tierschutzgerecht. Es mangelte allerdings auch an Vorschriften und geeigneten Verfahren. Die sehr zahlreichen Experimente, die im Rahmen dieses Projektes durchgeführt wurden, zeigen die Spanne zwischen dem unter Tierschutzaspekten Wünschenswerten und dem in der Praxis Machbaren auf. Bei der Anwendung objektiver Methoden zur Bestimmung der Bewusstlosigkeit und Insensibilität mittels Messung von Hirn- und Herzströmen (EEG, EKG) wurde festgestellt, dass mit den elektrischen Parametern der Verordnung eine 100%ige Bewusstlosigkeit und Insensibilität aller Tiere unmittelbar nach dem Einschalten des elektrischen Stroms nicht erreicht werden konnte. Das „peak stun“-Verfahren zeigte zwar mit 93 % betäubter Tiere wesentlich bessere Ergebnisse, eine spontane Betäubung aller Aale konnte jedoch auch nicht erreicht werden. Auf die technischen Probleme wurde hingewiesen.

Das in der Tierschutzschlachtverordnung u. a. niedergelegte Verfahren der Elektrobetäubung kann möglicherweise verbessert werden. Die „Trockentötung“ wurde bereits angesprochen, andere Stromarten und -frequenzen oder Kombinationen verschiedener Stromarten sowie veränderte Elektrodenanordnungen, die eine Zwangspositionierung der Aale im elektrischen Feld bewirken, wären noch zu prüfen, insbesondere auch unter dem Aspekt der gelegentlich vornehmlich bei einem Teil der großen Aalen auftretenden qualitätsmin-

dernden Muskelblutungen. Hier ist weiterer Forschungsbedarf gegeben.

Entsprechend dem heutigen Wissensstand stellt das in der TierSchlV vorgeschriebene Verfahren einen vernünftigen Kompromiss und unter Tierschutzaspekten einen erheblichen Fortschritt dar.

## Zitierte Literatur

Dalbey, S. R.; McMahon, T. E.; Fredenberg, W.: Effect of electrofishing pulse shape and electrofishing induced spinal injury on long-term growth and survival of wild rainbow trout. *North American J. Fish. Manag.* 16, 560–569, 1996.

EG: Richtlinie 93/119/EG des Rates vom 22.12.1993 über den Schutz von Tieren zum Zeitpunkt der Schlachtung oder Tötung. *ABI, EG Nr. L 340*, S. 21.

Kuhlmann, H.; Münkner, W.; van de Vis, H.; Oehlenschläger, J.; Koch, M.: Untersuchungen zur anästhesierenden Wirkung von Eugenol („Aqui-S“) und chemisch verwandten Verbindungen beim Aal (*Anguilla anguilla*). *Arch. Lebensmittelhyg.* 51 (3), 60–62, 2000.

Lambooy, E.; van de Vis, J. W.; Kuhlmann, H.; Münkner, W.; Oehlenschläger, J.; Kloosterboer, R. J.; Pieterse, C.: Electrical stunning of farmed eel (*Anguilla anguilla*) in a box filled with fresh water. *Can. J. Fish. Aquatic Sciences* 58, 2001 (in press).

Marx, H.; Sengmüller-Sieber, T.; Hoffmann, R.; Stolle, A.: Untersuchungen zur Streßbelastung und Produktqualität von Forelle, Wels und Flunder in Zusammenhang mit Betäubung und Schlachtung. *Arch. Lebensmittelhyg.* 50 (2), 37–40, 1999.

Pastor, A.; Huidobro, A.; Alvarez, C.; Tejada, M.: Killing methods affecting quality of chilled whole and gutted gilt head bream. 28<sup>th</sup> WEFTA Meeting, Tromsø, Norway, 4.10–7.10.1998.

Robb, D.; Kestin, S.: Progress with humane slaughter. *Fish Farmer* 23 (6), 41–42, 2000.

Sørensen, N. K.; Carlehoeg, M.: Effect of killing methods for farmed Atlantic salmon (*Salmon salar*) on quality and storage life, iced in boxes. *Aquaculture Europe '99*, Trondheim, August 7–10.

Stat. BA: Statistisches Bundesamt. Einfuhr von Aalen in die Bundesrepublik Deutschland 1998–2000. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2000.

TierSchlV: Verordnung zum Schutz von Tieren im Zusammenhang mit der Schlachtung oder Tötung (Tierschutz-Schlachtverordnung) vom 3.3.1997. *BGBl I*, Nr. 13, 6. 3. 1997.

TierSchlIV: Erste Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Schlachtverordnung vom 25.11.1999. *BGBl I*, Nr. 54, 10. 12. 1999.

Vis, J. W. van de; Oehlenschläger, J.; Kuhlmann, H.; Münkner, W.; Robb, D. H. F.; Schelvis-Smit, A. A. M.: Effect of the commercial and experimental slaughter of eels (*Anguilla anguilla*) on quality and welfare. In: Kestin, S. C.; Warris, P. D.: *Farmed fish quality*. London: Fishing News Books, 234–248, 2001.