

## Auftauen von tiefgefrorenen Lebensmitteln

Auf der Deutschen Kältetagung am 8. 10. 1970 in Stuttgart berichtete Dipl. -Ing. TH. HAFNER, Baden/Schweiz, in einem Vortrag über das "Auftauen von tiefgefrorenem Fleisch mittels Hochfrequenzenergie". Da das Problem des Auftauens in der Fischindustrie besonders aktuell ist, soll über die Ausführungen des Vortragenden hier kurz berichtet werden. Obwohl sich das Thema mit dem Auftauen von Warmblüterfleisch und nicht von Fisch befaßte, so ermöglicht es doch, die allgemeinen Vor- und Nachteile dieses Verfahrens zu beurteilen.

In der Lebensmittelindustrie wird Hochfrequenzenergie zum Auftauen, aber auch zum Backen, Pasteurisieren, Sterilisieren, zur Schädlingsbekämpfung und zum Trocknen angewendet.

Das Auftauen von tiefgefrorenen Lebensmitteln kann mittels Hochfrequenzwärme aber nur zum Teil sinnvoll durchgeführt werden. Das Kriterium liegt in der Homogenität des Materials. Je homogener, d. h. je gleichmäßiger ein Produkt und je einheitlicher somit seine dielektrischen Eigenschaften sind, desto gleichmäßiger wird die Erwärmungsgeschwindigkeit in seinem ganzen Querschnitt sein.

Mittels Hochfrequenzenergie können z. B. tiefgefrorene knochenlose Fleischblöcke gleichmäßig über den ganzen Querschnitt erwärmt werden. Die Dauer des Auftauvorganges beträgt bei einer Frequenz von rd. 13 MHz etwa 90-120 Minuten. Das Fleisch erwärmt sich in dieser Zeit von  $-20^{\circ}\text{C}$  auf  $-2^{\circ}$  bis  $+5^{\circ}\text{C}$  und ist dann gut verarbeitungsfähig. Fleisch mit Knochen hingegen ergibt Schwierigkeiten, weil die Knochen extrem hohe Hochfrequenzverluste aufweisen und sich damit verhältnismäßig stark erwärmen. Benachbarte Fleischpartien können dadurch Schaden erleiden, wenn dem nicht durch Verlängern der Auftauzeit entgegengewirkt wird. Im allgemeinen bedeutet dies, daß die Dauer der Auftauzeit durch die naturgegebene Inhomogenität des Produktes bedingt ist. Gewisse Partien erwärmen sich schneller als die übrigen Teile. Es ist daher ein Temperatenausgleich innerhalb einer bestimmten minimalen Zeit erforderlich. Je größer die Inhomogenität des aufzutauenden Gutes, umso länger ist die Auftauzeit, wenn überhitzte Stellen vermieden werden sollen.

Der Saftverlust von tiefgefrorenem homogenem Fleisch beträgt beim Hochfrequenzauftauen in der Regel weniger als 1 %, und das Fleisch erleidet keine sichtbaren Veränderungen. So ist z. B. seine Bindefähigkeit bei der Wurstfabrikation gleich derjenigen des Frischfleisches.

Mit 25 kW HF-Leistung, oder ab Netz ca. 45 kW bei rd. 13 MHz, können innerhalb von 2 Stunden etwa 1000 kg. Fleisch aufgetaut werden. Der Stromverbrauch beträgt somit pro kg Fleisch etwa 0,1 kWh.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über charakteristische Merkmale des Hochfrequenz-Auftaus von tiefgefrorenen Fleischblöcken im Vergleich zum konventionellen Auftauen in ruhender Luft.

Tabelle 1

	Konventionelles Auftauen in ruhender Luft	Auftauen mittels Hochfrequenzwärme
Auftauzeit	abhängig v. d. Produktdicke, 0,5 - 3 Tage	unabhängig v. d. Produktdicke 1,5 - 3 Std.
Saftverlust	vergleichsweise groß	weniger als 1 %
Haltbarkeit des aufgetauten Gefriergutes	Durch Bakterienwachstum je nach Auftauzeit beeinträchtigt	vergleichsweise unbeeinträchtigt
Platzbedarf	vergleichsweise groß	vergleichsweise klein
Anwendbarkeit	unabhängig von der Homogenität des Gefriergutes	beschränkt auf möglichst homogenes Gefriergut
Wirtschaftlichkeit	Betrieb billig, unterschiedliche Produktqualität	Betrieb vergleichsweise teuer, gute Produktqualität von homogenem Gefriergut

Das Grundsätzliche der durch den Vortragenden gemachten Ausführungen sowie der in Tabelle 1 aufgeführten Merkmale kann auch für tiefgefrorenen Fisch gelten. In Ergänzung soll dazu aber noch über andere Untersuchungen berichtet werden, die beim Auftauen von tiefgefrorenen Sardinienblöcken mit Hochfrequenzenergie gemacht wurden und die unmittelbar mit dem Auftauen des gleichen Produktes in strömendem Wasser sowie in strömender und ruhender Luft verglichen worden sind (J. R. CREPEY und D. MAIREY: "Essai d'application de la méthode de décongélation électronique à la sardine congelée destinée à la conserve" - Freezing and Irradiation of Fish, Fishing News (Books) Ltd., London (1969), S. 206 - 212).

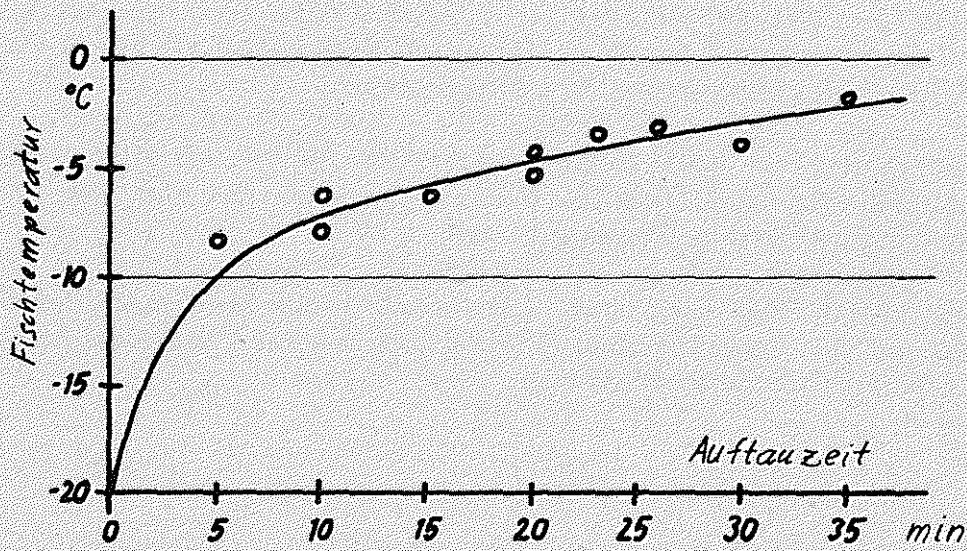


Abb. 1 Auftauen eines gefrorenen Sardinenblocks (5 kg  $\hat{=}$  370x260x65 mm) mit Hochfrequenzenergie (35 MHz)

(nach Crépey u. Mairrey, 1967)

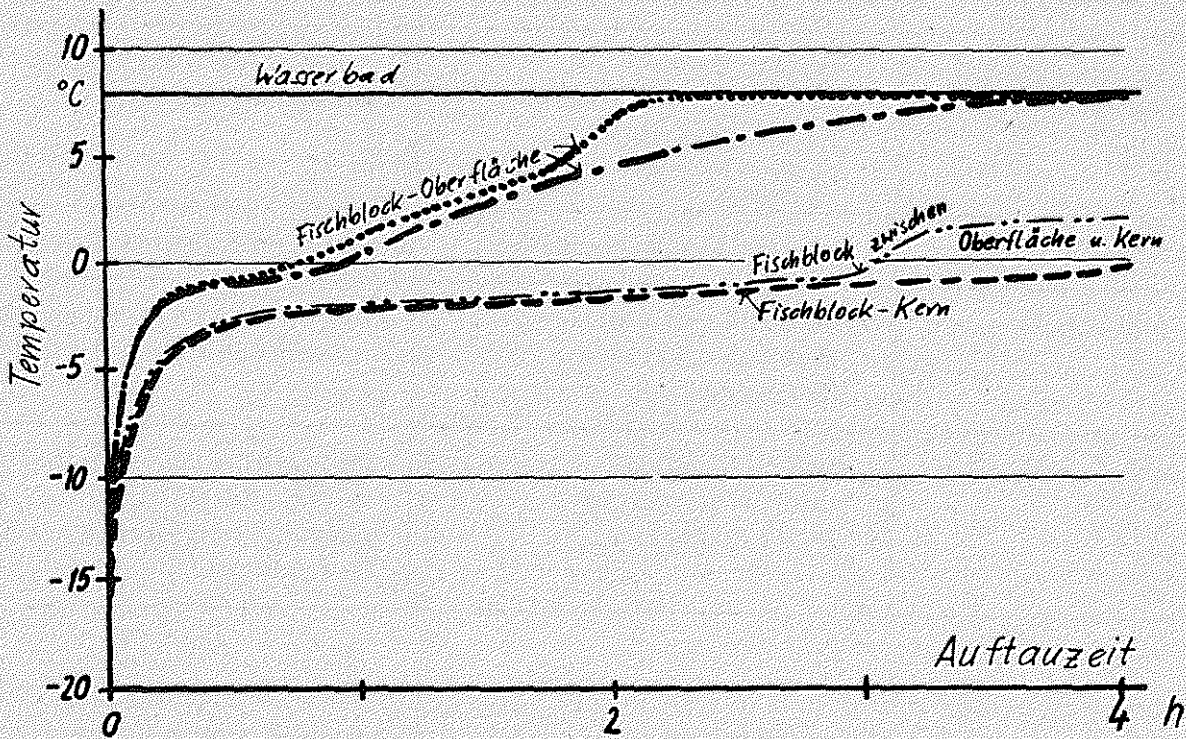


Abb. 2 Auftauen eines gefrorenen Sardinenblocks (5 kg  $\hat{=}$  370x260x65 mm) in strömendem Wasser

(nach Crépey u. Mairrey, 1967)

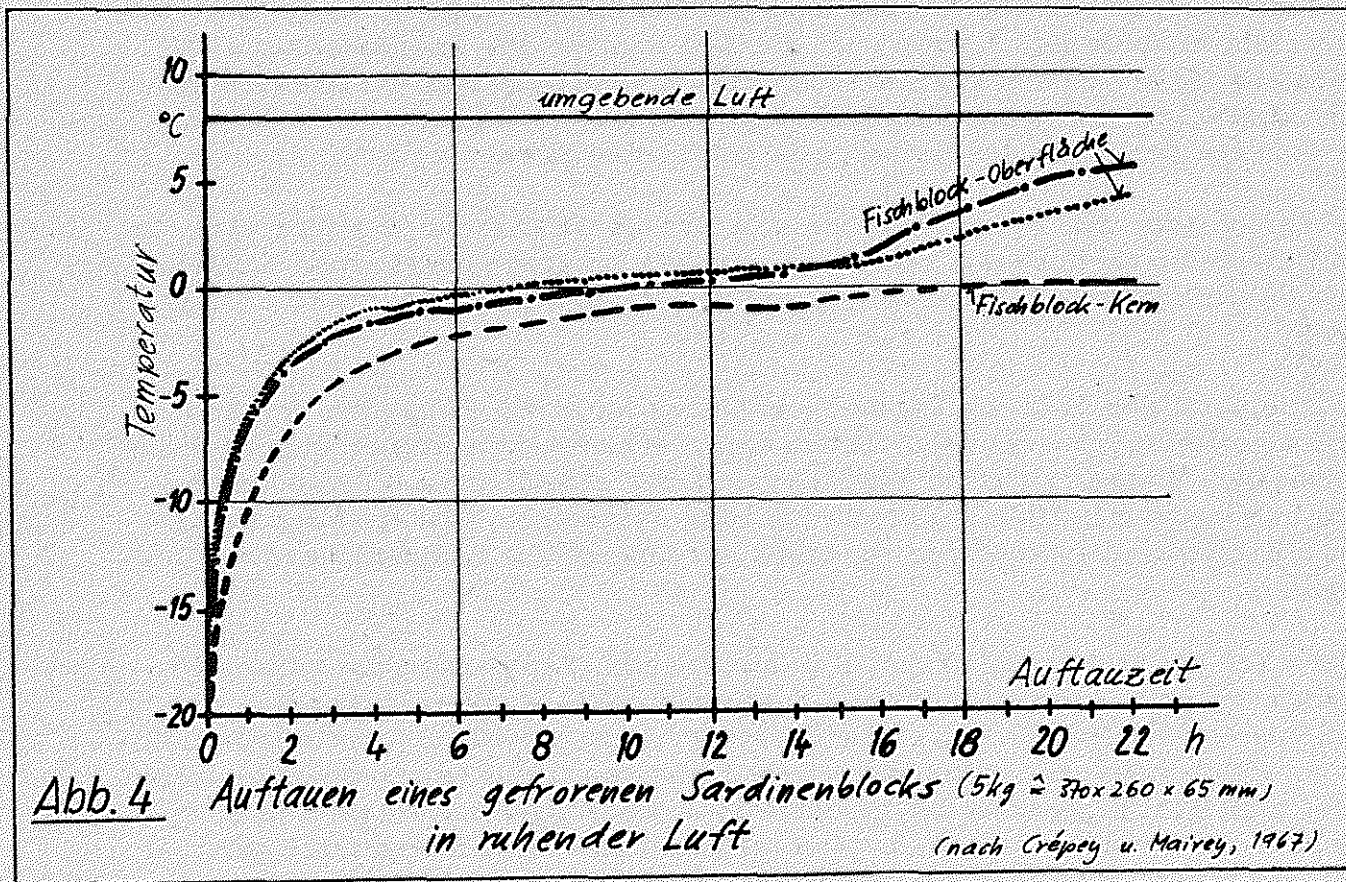
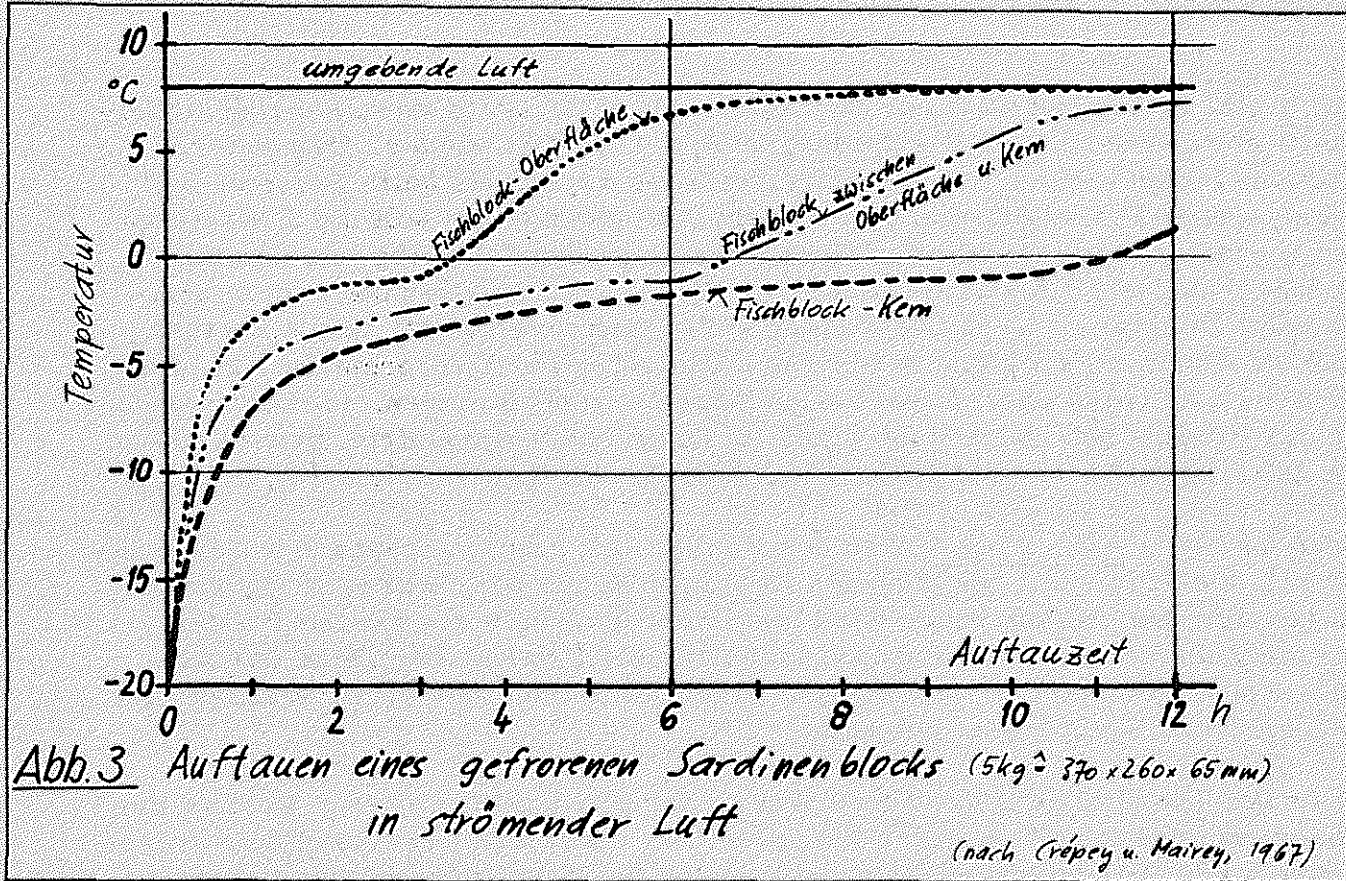


Abb. 1 gibt in Abhängigkeit von der Auftauzeit den Anstieg der im Produktquerschnitt etwa einheitlichen Fischtemperatur bei 35 MHz wieder. Der höheren Frequenz entsprechend, ist die Auftauzeit hier kürzer als beim Beispiel der tiefgefrorenen Fleischblöcke. Bei diesem Auftauverfahren soll die Energiezufuhr beendet werden, bevor die Fischtemperatur den Schmelzpunkt des im Produkt enthaltenen Eises erreicht. Die Dielektrizitätskonstante ändert nämlich beim Übergang von Eis in Wasser sprunghaft ihren Wert, was mit einer erhöhten Wärmeentwicklung in bereits aufgetauten Partien verbunden ist. Dadurch kann es umso eher zu partiellen Überhitzungen kommen, je inhomogener das Produkt ist. Auch Hohlräume im Querschnitt des Gefriergutes stellen eine Inhomogenität dar und wirken sich entsprechend nachteilig aus.

In den weiteren Abb. 2 bis 4 wird der Verlauf der Fischtemperatur in Abhängigkeit von der Auftauzeit von gleichen Sardinenblöcken bei anderen Auftauverfahren gezeigt. Die Auftauwärme wird hier nicht innerhalb des ganzen Produktquerschnittes erzeugt, sondern sie muß über die Produktoberfläche übertragen werden; dazu wird das Gefriergut in ein Auftaumedium (z. B. Wasser oder Luft) erhöhter Temperatur gebracht.

Die an der Oberfläche übertragene Wärmemenge wird im weiteren Verlauf des Prozesses ausschließlich durch Wärmeleitung bis in den Kern des Gutes transportiert. Die Wärmeleitung ist dabei nur von den Eigenschaften des Gutes und nicht unmittelbar von der Art der äußeren Wärmeübertragung, d. h. vom Auftauverfahren abhängig. Darum darf die Temperatur des Auftaumediums und die Intensität der äußeren Wärmeübertragung eine bestimmte obere Grenze nicht überschreiten, wenn eine qualitätsschädigende, zu starke Erwärmung der äußeren Schichten des Auftaugutes vermieden werden soll.

Die Temperatur des Auftaumediums soll  $15^{\circ}$  bis  $20^{\circ}\text{C}$  nicht überschreiten. In den Beispielen nach Abb. 2 bis 4 sind nur  $8^{\circ}\text{C}$  gewählt worden; man sollte jedoch mit mindestens  $10^{\circ}\text{C}$  arbeiten, um den Prozeß nicht unnötig zu verlängern.

Die Intensität der äußeren Wärmeübertragung ist durch Vergleich der Abb. 2 bis 4 unmittelbar zu erkennen. Die dabei intensivste Wärmeübertragung durch strömendes Wasser zeigt im Vergleich mit der schwächsten Wärmeübertragung in ruhender Luft nicht nur die kürzere Auftauzeit, sondern auch den größeren Temperaturunterschied zwischen der Oberfläche und dem Kern des Auftaugutes.

Ideal wäre aus Qualitätsgründen eine einheitliche Temperatur im ganzen Produktquerschnitt. Insgesamt muß also ein Optimum angestrebt werden, das zwischen kurzer Auftauzeit, einheitlicher Produkttemperatur sowie unverminderter Produktqualität und niedrigen Betriebs- sowie Investitionskosten liegt. Diese zum Teil gegeneinander gerichteten Forderungen lassen sich in einem Auftauverfahren nicht vereinen. Man ist somit zu einem Kompromiß gezwungen, der einerseits durch den verfolgten Zweck, d. h. u. a. durch das weiterzuverarbeitende Produkt, und andererseits durch die gegebenen - auch wirtschaftlichen - Möglichkeiten bestimmt wird.

W. Flechtenmacher  
Institut für Biochemie und Technologie  
Hamburg