

Die thermische Aufbereitung industriell hergestellter Gefrierspeisen in der Schulverpflegung

Klaus Wiggert



Die Untersuchung, über die hier berichtet werden soll, war Teil eines Forschungsvorhabens über die Eignung gefrorener Speisen für die Schulverpflegung (1,2). Sie hatte speziell die thermische Problematik bei der Aufbereitung gefrorener Speisen zum Gegenstand und beschränkte sich auf die in der Schulverpflegung üblichen Großpackungen.

Zum Auftauen und Erwärmen gefrorener Speisen sind verschiedene Verfahren bekannt, die als Wärmeträger Wasser, Dampf, Infrarotstrahlung, Mikrowellen oder Luft verwenden. Wasserbäder sind jedoch nur geeignet für Beutelverpackungen und damit nicht für alle Speisen. Dampfschränke erfordern ebenfalls eine wasserdichte Verpackung; außerdem wird die Handhabung durch Kondensatrückstände auf den Packungen erschwert. Geräte mit Infrarotstrahlung und Mikrowellengeräte arbeiten nur bei geringen Schichtdicken zufriedenstellend. Heißluftgeräte, sog. Konvektionsöfen, werden dagegen zur Aufbereitung aller hitzebeständig verpackten gefrorenen Speisen bis zu einer Schichtdicke von etwa 40 mm eingesetzt. Zur Erwärmung von Großpackungen, die 10 bis 15 Portionen einer Speise enthalten, wird heute ausschließlich diese Geräteart verwendet.

Im Konvektionsofen erfolgt die Wärmeübertragung auf die in Aluminiumfolie verpackten Speisen durch mechanisch umgewälzte Heißluft. Dabei wird die Luft durch ein Gebläse aus dem geschlossenen Auftauration abgezogen, passiert ein Heizregister und strömt, durch Luftleitbleche oder Umlenkeinrichtungen geführt, in den Auftauration zurück. Die Speisen stehen auf Rosten mit einem Abstand von 60 bis 70 mm. In einem Bereich von etwa 50 bis 250° C kann die thermostatisch geregelte Lufttemperatur eingestellt werden. Eine Zeitschaltuhr gestattet die Vorwahl der gewünschten Betriebszeit.

Die besondere Eignung von Konvektionsöfen zum Auftauen und Erwärmen von gefrorenen Fertigspeisen wird allgemein als gegeben erachtet. Dabei stützt sich dieses Urteil im wesentlichen auf praktische Erfahrungen. Wissenschaftliche Untersuchungen sind dagegen kaum bekannt; in den wenigen vorliegenden Veröffentlichungen wird außerdem nur die Regenerierung gefrorener Speisen in Menüschalen behandelt (3, 4, 5, 6). Die hier zutreffenden Verhältnisse unterscheiden sich aber wesentlich von denen bei Verwendung von Großpackungen; eine Übertragung von Versuchsergebnissen erscheint deshalb nur sehr bedingt möglich.

Daraus ergab sich zwingend die Aufgabe, die Erwärmung von in Großpackungen abgefüllten gefrorenen Speisen im Konvektionsofen gezielt zu untersuchen. Im Blick auf die in der Praxis beobachteten Probleme sollten dabei Fragen zum Wärmeübergang im Auftauration sowie Einflüsse der Speisenart und der Packungsformate im Mittelpunkt stehen.

Als Versuchsgeräte wurden drei handelsübliche Konvektionsöfen mit unterschiedlicher Kapazität und z. T. unterschiedlicher Luftführung eingesetzt. Während der Untersuchung wurden die eingebauten Zweipunktregler durch externe elektronische Proportionalregler ersetzt, die eine genauere Einstellung und Führung der Umlufttemperatur ermöglichten.

Den prinzipiellen Aufbau der Geräte läßt Abb. 1 erkennen. Gerät A mit einem Fassungsvermögen von 20 Großschalen ist mit Luftleitblechen ausgestattet; die auf beiden Seiten des Auftaurationes vertikal angeordneten Bleche enthalten für jeden einzelnen Rost schmale horizontale Einströmschlitze, die eine flächige Verteilung des Luftstromes bewirken. Bei Gerät B mit einem Fassungsvermögen von 15 Großschalen sowie auch bei Gerät C, das 75 Großschalen aufnehmen kann, strömt die erhitzte Luft durch zwei breitere vertikale Schlitze im Freistrah parallel zu Vorder- und Rückwand in den Auftauration ein. Der Konvektionsofen C enthält zwei übereinander angeordnete Lufterhitzer mit getrennter Regelung sowie einen Hordenwagen, der das Beladen der Roste außerhalb des Auftaurationes gestattet. Die verwendeten Schalen aus Aluminiumfolie mit pappkaschiertem Deckel entsprechen den handelsüblichen Verpackungen. Als Schalenfüllungen wurden, je nach Fragestellung, entweder Wasser, gefrorenes Kartoffelpüree oder industriell hergestellte Gefrierspeisen benützt. Die gefrorenen Schalenfüllungen hatten zumeist eine Ausgangstemperatur von -20 bis -25 °C.

Die Eignung eines Gerätes zum Erwärmen gefrorener Speisen wird wesentlich bestimmt durch die Gleichmäßigkeit des Wärmeübergangs auf alle Schalen einer Charge. Aus der allgemeinen Beziehung für den Wärmeübergang je Zeiteinheit

$$q = \alpha \cdot F \cdot \Delta \vartheta$$

mit α = Wärmeübergangszahl

F = im Wärmetausch stehende Fläche

$\Delta \vartheta$ = Temperaturdifferenz

wird deutlich, daß der Wärmeübergang bei konstantem F von α und $\Delta \vartheta$ abhängt. Die Wärmeübergangszahl α ist im vorliegenden Fall eine Funktion

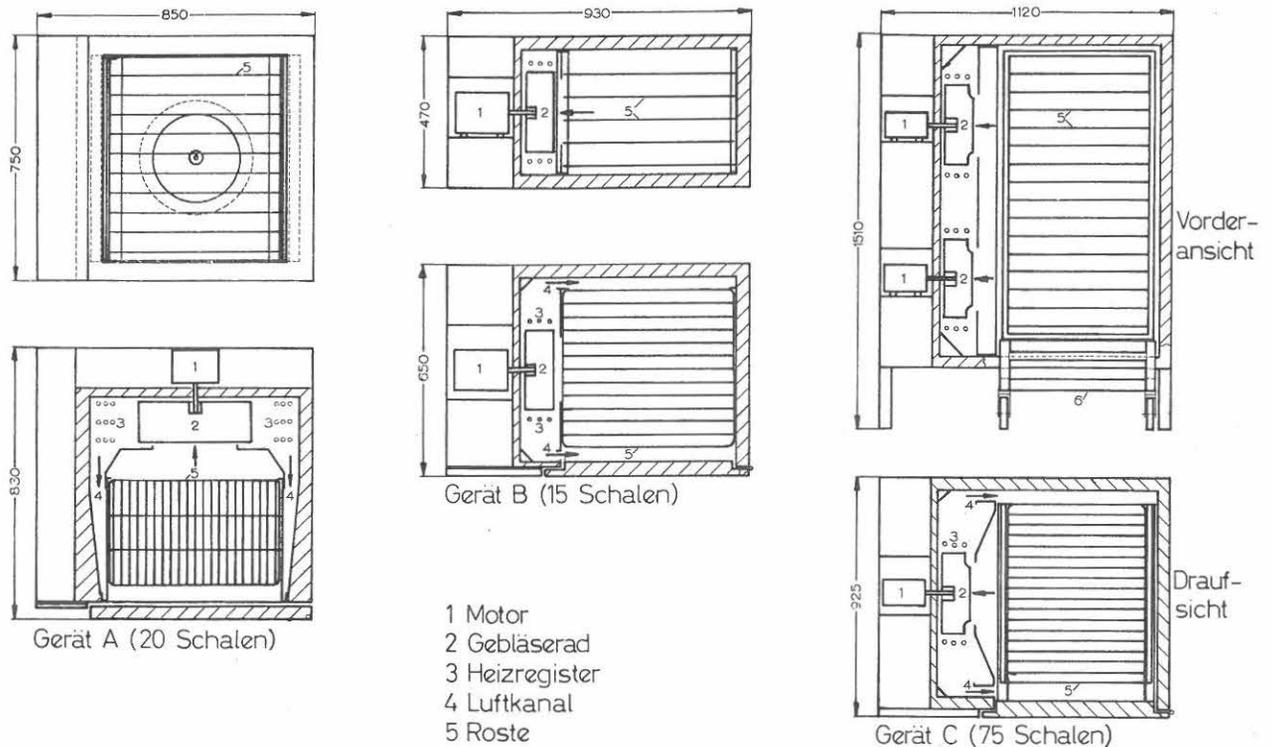


Abb. 1 Schematische Darstellung der Auftaugeräte

der Strömungsgeschwindigkeit an der Oberfläche der Schalen. Soll also an allen Schalen der gleiche Wärmestrom fließen, so müssen — gleiche Oberflächentemperatur der Schalen vorausgesetzt — Strömungsgeschwindigkeit und Umlufttemperatur überall gleich sein.

Es wurde deshalb zunächst die Temperaturverteilung in den leeren Auftauräumen bei einer Umlufttemperatur von 150 °C untersucht. Die gemessenen maximalen Differenzen im Temperaturfeld lagen bei den drei Geräten zwischen 1,0 und 3,5 °C; damit war in allen Fällen eine Temperaturverteilung gegeben, die der genannten Forderung weitgehend entsprach.

Auf eine Ermittlung der Luftgeschwindigkeitsverteilung, deren Messung insbesondere an den Oberflächen der Schalen sehr problematisch ist, wurde verzichtet. Statt dessen wurde der Temperaturverlauf in gleichartigen, räumlich verteilten Proben gemessen und daraus die Erwärmungszeit je Probe für eine vorgegebene Temperaturerhöhung bestimmt. Da von einem gleichmäßigen Temperaturfeld ausgegangen werden kann, lassen die örtlichen Erwärmungszeiten direkt auf die Verteilung der Luftgeschwindigkeit schließen. Eine kurze Erwärmungszeit entspricht also einer höheren Luftgeschwindigkeit und umgekehrt. Das gleiche gilt auch entsprechend der Definition $q = \alpha \cdot F \cdot \Delta\vartheta$ für den Wärmeübergang.

Zunächst wurden die örtlichen Erwärmungszeiten von Proben im quasileren Auftauraum ermittelt. Dazu wurden Bechergläser gleicher Masse mit 50 g Wasser

gefüllt, im Auftauraum verteilt und mit einer Umlufttemperatur von 150 °C erwärmt.

Zwischen den drei untersuchten Geräten ergab sich in den mittleren Erwärmungszeiten je Charge eine gute Übereinstimmung, die auf einen etwa gleichen spezifischen Luftdurchsatz schließen läßt. Die Streuungen innerhalb einer Charge wiesen dagegen von Gerät zu Gerät erhebliche Differenzen auf. So betrug bei Gerät A die Standardabweichung der Erwärmungszeiten aller Proben, bezogen auf ihren arithmetischen Mittelwert, 5,5 %. Demgegenüber lagen die Standardabweichungen bei den Geräten B und C mit 11,4 bzw. 16,4 % erheblich höher; die Luftgeschwindigkeitsverteilung war hier also entsprechend ungleichmäßiger.

Dieses für den „leeren“ Auftauraum geltende Bild wurde bei voller Beladung mit Großschalen nur in der Tendenz bestätigt. Durch die Aufstellung der Schalen im Auftauraum ändern sich zwangsläufig die Strömungsverhältnisse, was zu einer anderen Verteilung der Luftgeschwindigkeit führt. Die geringste Streuung in der Erwärmungszeit der Charge wies wiederum das Gerät A auf; bei der Erwärmung von Kartoffelpüree betrug die Standardabweichung 6,8 %. Nur wenig höher lagen jedoch in diesem Fall die Standardabweichungen der Geräte B und C mit 7,8 bzw. 7,3 %. Der Einfluß der Schalen, die den Auftauraum in horizontale Strömungskanäle unterteilen, ist bei diesen im Freistrahle einblasenden Geräten offenbar sehr wesentlich für eine geordnete Luftführung.

Da aber die Standardabweichungen keine Aussagen

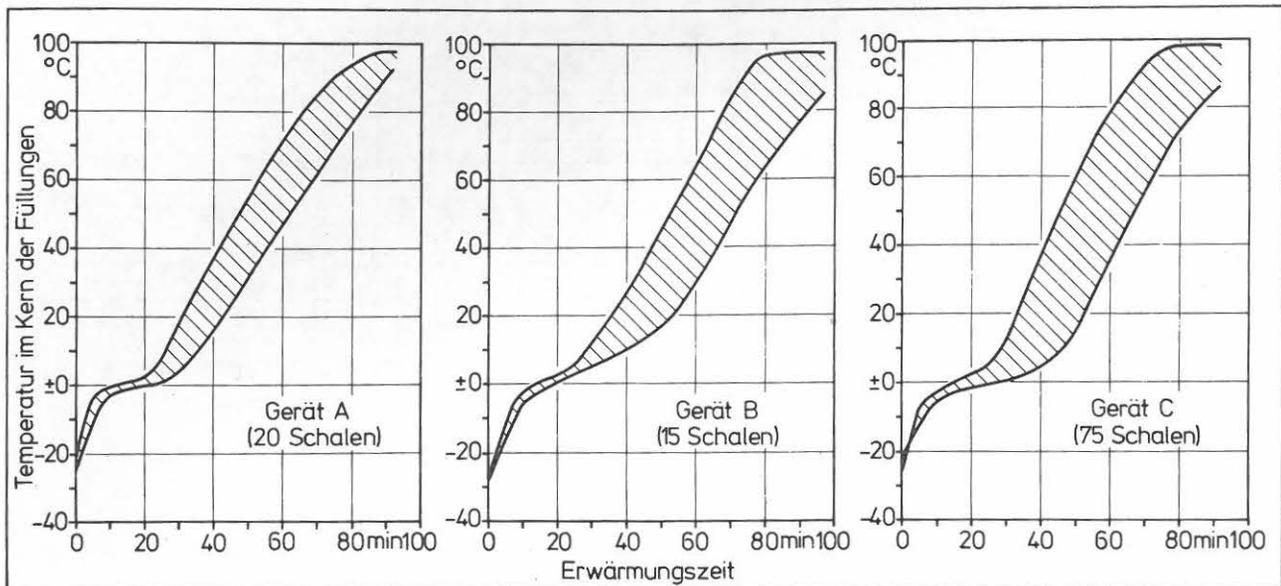


Abb. 2: Erwärmung von Kartoffelpüree in Mehrportionenschalen; Streubereich je Charge

über die Lage einzelner Extremwerte enthalten, sollen diese anhand der Abb. 2 noch gesondert betrachtet werden. Das Diagramm enthält den Streubereich der Temperaturverläufe aller Proben bei der Erwärmung von gefrorenem Kartoffelpüree. Aus den unterschiedlichen Streubreiten für Gerät A einerseits und die Geräte B und C andererseits wird der Einfluß der konstruktiven Eigenarten deutlich. Während im oberen Bereich des Temperaturverlaufes bei Gerät A zwischen den Proben eine maximale Temperaturdifferenz von ca. 25 °C auftrat, betrug diese Spanne für die Geräte B und C, die nicht mit entsprechenden Luftleitblechen ausgestattet sind, fast 40 %.

Für die Praxis bedeutet dies, daß bei einer als notwendig erachteten Erwärmung aller Schalen auf eine mittlere Kerntemperatur von 70 °C die kälteste Schale bei Verwendung von Gerät B nur etwa 50 °C im Kern aufweist. Ein solches Ergebnis ist für eine Speisenausgabe im Cafeteria-System, bei dem die Schaleninhalte in gewärmte Behälter gegeben und vermischt werden, durchaus vertretbar. Werden jedoch die Speisen direkt aus den einzelnen Schalen verteilt — wie beim sog. Tischservice üblich —, so ist die erreichte Kerntemperatur mit Sicherheit zu niedrig. In diesem Fall bliebe also nur die Möglichkeit, die Prozeßzeiten zu verlängern, bis auch die kälteste Schale hinreichend erwärmt ist. Die Folge wäre, daß eine Reihe der Schalen bereits Siedetemperatur erreicht. Damit sind aber, neben verlängerten Prozeßzeiten und einem höheren Energieverbrauch, Qualitätseinbußen in den betroffenen Schalen zu erwarten. Außerdem ist eine zu hohe Serviertemperatur, insbesondere in der Schulverpflegung, ebenfalls problematisch.

Die mit Gerät A erzielten Ergebnisse sind dagegen auch im Blick auf eine Speisenverteilung direkt aus den Schalen als befriedigend anzusehen. Hier erreichte die kälteste Probe unter der genannten Bedingung eine Kerntemperatur von etwa 60 °C; nach erfolgtem internem Temperaturengleich darf somit noch eine vertretbare Verzehrtemperatur erwartet werden, sofern keine wesentliche Abkühlung während der Ausgabe eintritt.

Da in der Praxis nicht immer mit einer vollen Auslastung der Kapazität der Konvektionsöfen gerechnet werden kann, wurde auch der Einfluß einer Teilbeschickung auf den Wärmeübergang untersucht. Im betrachteten Bereich von 30 bis 100 % der Kapazität differierten die mittleren Erwärmungszeiten und Streubreiten je Charge bei den einzelnen Geräten nur in engen Grenzen und ließen keine eindeutige Abhängigkeit von der Auslastung erkennen. Ein gewisser Trend, und zwar in Richtung einer Zeitabnahme bei geringerer Auslastung, deutete sich lediglich bei Gerät A an; er war jedoch statistisch ebenfalls nicht zu sichern.

Während bei voller Auslastung des Auftaupraumes die Anordnung der Schalen weitgehend festliegt, bieten Teilbeschickungen hier Variationsmöglichkeiten. Es wurde deshalb auch der Wärmeübergang in Abhängigkeit von der Schalenanordnung untersucht. Die durchgeführten Messungen ergaben jedoch wiederum keine eindeutige Aussage. Dennoch schien sich anzudeuten, daß bei allen untersuchten Geräten eine geschlossene Anordnung der Charge auf einigen zusammenliegenden Rosten in mittlerer Höhe des Auftaupraumes zu günstigen Ergebnissen führt. Schwerwiegende negative Auswirkungen auf Erwärmungszeit

und Verteilung des Wärmeübergangs sind jedoch auch bei anderen Schalenanordnungen nicht zu erwarten. Hinsichtlich der Umlufttemperatur bewegen sich die Empfehlungen der Gerätehersteller sowie der Produzenten von Gefrierspeisen in Großschalen zumeist zwischen 140 und 160 °C. Vereinzelt werden jedoch unter Hinweis auf eine besonders gute Qualitätserhaltung der Speisen auch 120 bis 130 °C genannt. Obwohl dieser Frage hier nicht nachgegangen werden konnte, erschien es doch angebracht, den Einfluß der Umlufttemperatur auf den Wärmeübergang zu untersuchen. Dazu wurde ein Konvektionsofen jeweils voll mit Großschalen besetzt und der Temperaturverlauf im Kern der Füllungen bei Umlufttemperaturen zwischen 120 und 180 °C in Abstufungen von 15 °C gemessen.

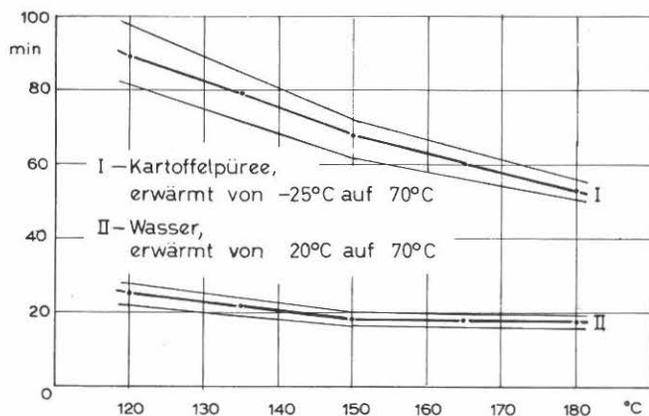


Abb. 3: Erwärmungszeit gefüllter Mehrportionenschalen in Abhängigkeit von der Umlufttemperatur; arithmetisches Mittel und Streubereich je Charge.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigt Abb. 3. Hier wurden die mittleren Erwärmungszeiten je Charge und ihr Streubereich über der Umlufttemperatur aufgetragen. Der in zwei Teilbereichen lineare Verlauf weist sowohl für Kartoffelpüree als auch für Wasser bei 150 °C einen ausgeprägten Knick auf, für den eine Erklärung nicht gefunden werden konnte. Die Erwärmungszeit für Kartoffelpüree auf eine Kerntemperatur von 70 °C verlängerte sich bei einer Verringerung der Umlufttemperatur von 150 auf 120 °C um 30 %; eine Erhöhung der Umlufttemperatur von 150 auf 180 °C ergab eine um 22 % kürzere Erwärmungszeit. Besonders bemerkenswert erscheint der Rückgang der Streubreite mit steigender Umlufttemperatur. — Sie verringerte sich im untersuchten Bereich um 65 %. — Eine Erhöhung der Umlufttemperatur trägt somit offenbar neben der für die Praxis durchaus interessanten Verringerung der Prozeßzeit auch zu einer gleichmäßigeren Erwärmung aller Schalen bei. Dieses Ergebnis läßt es geboten erscheinen, die Abhängigkeit der Speisenqualität von der Umlufttemperatur einmal systematisch zu untersuchen.

Von Interesse erschien auch der Einfluß des Fassungsvermögens der Schalen und der Schichtdicke der Speisen auf den Temperaturverlauf. Neben den von den Gefrierspeisenherstellern verwendeten Großschalen wurden noch drei weitere gleicher Art, jedoch mit abweichenden Höhen, in die Untersuchung einbezogen. Das Fassungsvermögen aller Schalen lag zwischen 1680 und 3100 cm³; die Schichtdicke des eingefüllten Kartoffelpürees, das etwa 70 % des Schalenvolumens beanspruchte, variierte von 22 bis 43 mm. Zwischen der Erwärmungszeit der Proben und ihrer Schichtdicke ergab sich ein annähernd linearer Zusammenhang. Wie aus Abb. 4 zu ersehen ist, betrug die Erwärmungszeit für gefrorenes Kartoffelpüree bei allen Proben etwa 2 min je mm Schichtdicke. Dieses Ergebnis wurde qualitativ an mit Wasser gefüllten Schalen bestätigt.

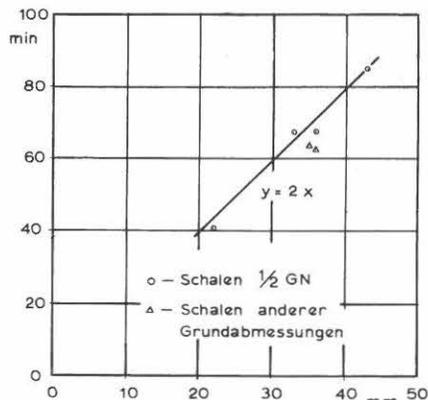


Abb. 4: Mittlere Erwärmungszeit von Kartoffelpüree in Mehrportionenschalen in Abhängigkeit von der Einfüllhöhe.

Das Fassungsvermögen der Schalen bzw. die eingefüllte Menge blieb dagegen ohne merklichen Einfluß auf die Erwärmungszeit. Somit deutet sich die Möglichkeit an, den Temperaturverlauf innerhalb der einzelnen Speisen und damit die Prozeßzeit unmittelbar über die Schichtdicke zu bestimmen. Grenzen setzt hier allerdings die Handhabung der Schalen, die bei einer sehr flachen Schalenausführung hinsichtlich flüssiger Speisen schwierig werden dürfte. Der Einfluß der Speisenart auf den Temperaturverlauf bei der Aufbereitung wurde an Gefrierspeisen verschiedener Hersteller bei einer Umlufttemperatur von 150 °C ermittelt. Dabei wurden zwei unterschiedliche Ausgangssituationen berücksichtigt: der gefrorene und der angetaute Zustand der Speisen. Im ersten Fall betrug die Ausgangstemperatur etwa -15 °C, im zweiten lag sie im Bereich von 0 °C — die Speisen lagerten hier vor Beginn der Aufbereitung über 20 Stunden bei einer Umgebungstemperatur von etwa +4 °C—. Die gemessenen Erwärmungszeiten der Speisen auf eine Kerntemperatur von 70 °C differierten erheblich.

Bei den Fleischspeisen ergaben sich Unterschiede mit einer Spanne von etwa 30 min. Zu kürzeren Erwärmungszeiten tendierten trockene oder mit nur wenig Soße versehene Speisen wie Leber, Schweineschnitzel, Braten und Bratwurst, da hier die Schichtdicken zumeist geringer und die im Wärmeaustausch stehenden Oberflächen größer sind. Die längste Prozeßzeit erforderte mit etwa 70 min Kalbsragout.

Die untersuchten Gemüsearten wiesen geringere Unterschiede auf; mit etwa 75 bis 85 min lag hier die Prozeßzeit jedoch sehr hoch. Größere Differenzen in der Erwärmungszeit zeigten mit etwa 60 bis 75 min Eintopfgerichte. Bei den Beilagen ergaben sich Prozeßzeiten um 60 min.

Der Einfluß des Antauens war nicht einheitlich und wies auch innerhalb der Speisenarten Unterschiede auf. In den meisten Fällen verkürzte sich jedoch die Erwärmungszeit um 25 bis 30 %.

Doch auch bei gleichen Speisen verschiedener Hersteller ergaben sich in einigen Fällen erhebliche Differenzen in der Erwärmungszeit. Sie sind, soweit es sich um breiartige Speisen handelte, im wesentlichen auf unterschiedliche Schichtdicken zurückzuführen. Im gleichen Sinne wirkt sich bei stückartigen Speisen auch die Größe der einzelnen Stücke aus, die ebenfalls zwischen den Speisenherstellern differierte. Da diese Prozeßzeiten an industriell gefertigten und abgepackten Speisen ermittelt wurden, konnte die von Speise zu Speise z. T. unterschiedliche Schichtdicke nicht eliminiert werden. Die Ergebnisse hängen damit von einer weiteren wesentlichen Einflußgröße ab und erlauben keine eindeutige Beurteilung der thermischen Eigenschaften der Speisen. Sie zeigen jedoch hinsichtlich der Erwärmungszeiten den augenblicklichen Stand auf. Anzustreben wären sicherlich gleiche Prozeßzeiten innerhalb des Angebotes eines Speisenherstellers, die über eine entsprechende Bemessung der Schichtdicke bzw. Stückgröße grundsätzlich weitgehend möglich erschienen. Nur so ist bei einer in der Praxis oft unumgänglichen gemischten Beladung der Auftauegeräte eine zufriedenstellende Speisentemperatur aller Komponenten einer Mahlzeit zu erzielen.

Zusammengefaßt ergibt sich aus den Ergebnissen der Untersuchung somit folgendes Bild:

1. Die Gleichmäßigkeit des Wärmeübergangs im Auftauration von Konvektionsöfen hängt ab von der Luftführung. Mit Luftleitblechen ausgestattete Geräte bieten hier offenbar z. Zt. die günstigsten Bedingungen. Bei einer Speisenausgabe direkt aus den Schalen sollte dieser Geräteart der Vorzug gegeben werden.

2. Bei Teilbeschickung, also nur teilweiser Nutzung der Kapazität, wurde weder in Abhängigkeit von der Menge der eingebrachten Schalen noch von ihrer

Anordnung im Auftauration eine gesetzmäßige Änderung des Wärmeübergangs gefunden. Die Meßergebnisse lassen aber eine geschlossene Anordnung der Charge auf einigen zusammenliegenden Rosten in mittlerer Höhe des Auftaurationes am sinnvollsten erscheinen.

3. Eine Erhöhung der Umlufttemperatur bewirkte nicht nur eine Verkürzung der Erwärmungszeit sondern auch eine erhebliche Verringerung ihrer Streubreite. Der Einfluß der Umlufttemperatur auf die Speisenqualität müßte jedoch noch untersucht werden.

4. Zwischen der Erwärmungszeit der Proben und der Schichtdicke der Schalenfüllung ergab sich eine lineare Beziehung; eine Abhängigkeit vom Fassungsvermögen der Schalen bzw. der Füllmenge wurde nicht festgestellt.

5. Die Prozeßzeiten der z. Zt. angebotenen Gefrierspeisen in Großschalen sind sehr unterschiedlich. Im Blick auf eine Erwärmung verschiedener Komponenten einer Mahlzeit in einer Charge ist eine Vereinheitlichung anzustreben.

Die durchgeführte Untersuchung war vorwiegend auf den augenblicklichen Stand der Praxis ausgerichtet. Eine umfassende Klärung der Zusammenhänge beim Erwärmen gefrorener Speisen war im Rahmen dieser Arbeit nicht zu realisieren. Die Ergebnisse verdeutlichen aber die Ansatzpunkte für eine Verbesserung des Verfahrens, die durch weitere Anstrengungen der beteiligten Industrie durchaus möglich erscheint.

Literatur:

1. Schulverpflegung mit industriell hergestellten Gefriermenüs. Hrsgb. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn, 1974.
2. Bundesforschungsanstalt für Hauswirtschaft: Ergebnisbericht aus einer Untersuchung „Schulverpflegung mit industriell hergestellten Gefriermenüs“. Hauswirtsch. Wiss./22 (1974). 5, S. 201 - 206
3. Houšova, J.: Die Anwendung der Konvektionserhitzung in der Nahrungsmittelindustrie. Potravinárška a chladicí technika 3 (1972). 3, S. 86 - 91
4. Schulze, J.: Erfahrungen beim Auftauen tischfertiger Gefriergerichte. Ernährungsforschung 11 (1966). S. 252 - 260
5. Co. D.Y.C.L. u. Livingstone, G.E.: Heat reconstitution equipment for prepared frozen foods. Food Technology 23 (1969). 12, S. 72 - 83
6. Tressler, D.K., van Arsdell, W.B. u. Copley, M.J.: The freezing preservation of foods. Westport, Connecticut 1968, Vol. 4, S. 543 - 550

Anschrift des Verfassers: Dipl. Ing. Klaus Wiggert
Institut für Hauswirtschaft der Bundesforschungsanstalt
für Ernährung
7 Stuttgart 70, Garbenstraße 13