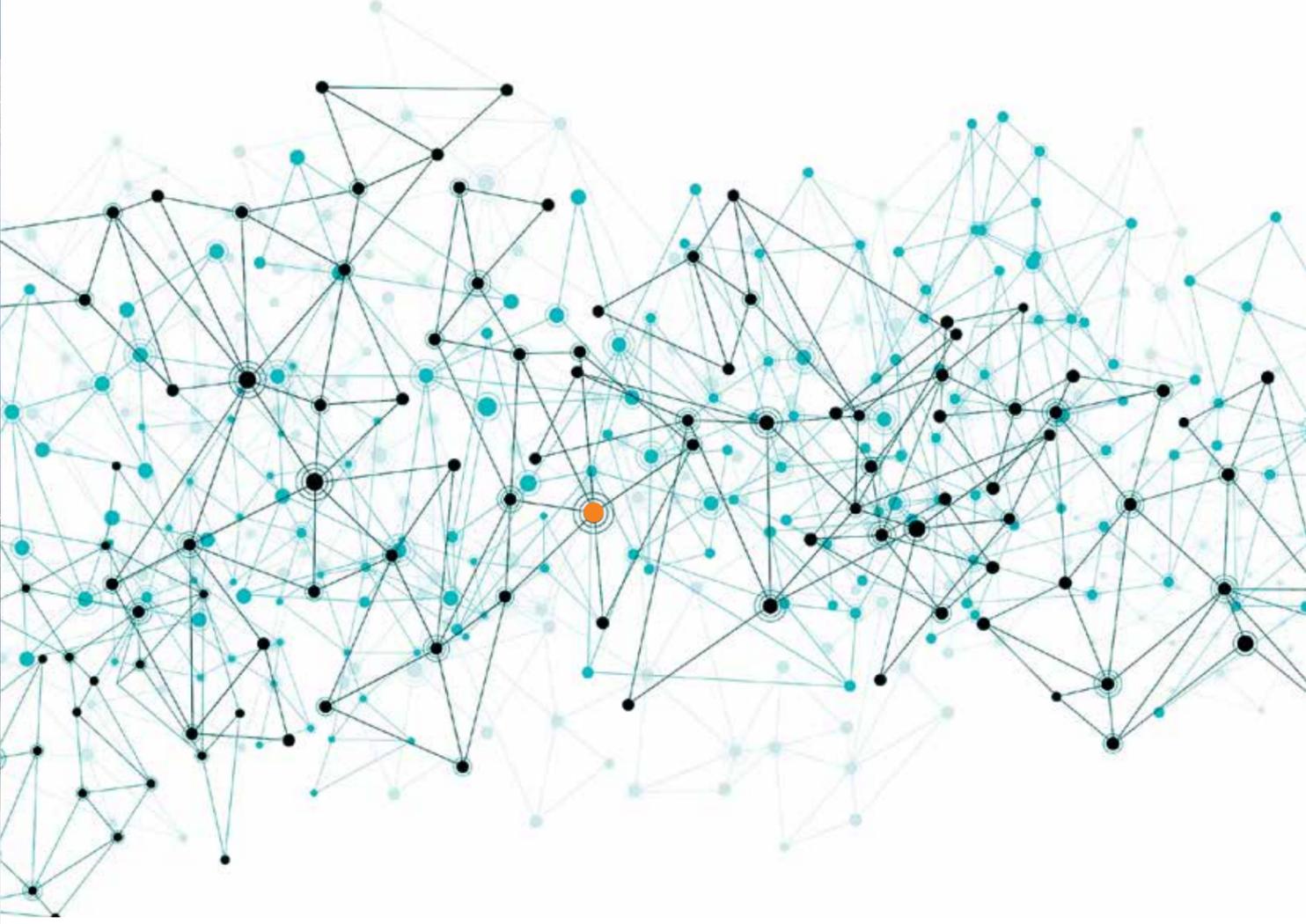




BÄCKEREITECHNOLOGIE: FORSCHUNG UND INNOVATIONEN



HYGIENIC DESIGN INNOVATION

- Qualitätssteigerung
quality increase
- Klimakontrolle
climate control
- Adiabatkühlung
adiabatic cooling
- BioEntkeimung
biological degermination
- Energiefreie Lüftung
energy-neutral ventilation
- MHD-Sicherung
best-by date assurance
- StaubMinimierung
dust particle reduction
- EnergieSynergie
energetic synergy
- FernNavigation
remote navigation
- GewinnNachhaltigkeit
sustainable gains



Aerosole & Bio-Additive in der Bäckerei

Innovative Wege zur Verbesserung von Qualität, Haltbarkeit und Energieeffizienz



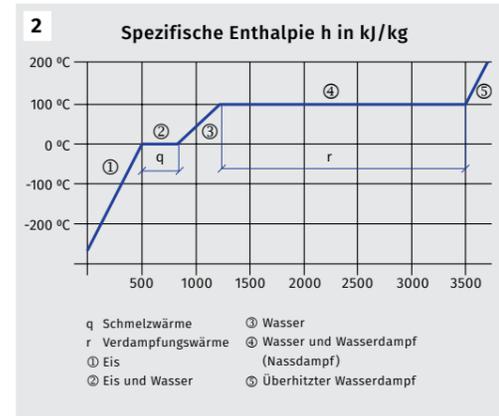
++ hx-Diagramm zur Verdeutlichung der Energie-, Hygiene- und Qualitätszusammenhänge

Traditionelle Backqualitäten und moderne Backwarenherstellung sollten kein Widerspruch sein!

Innerhalb der Bäckerei-Prozesstechnik werden Temperaturen durchlaufen, die von -40 °C bis +250 °C reichen können und damit einen sehr großen Bereich umfassen. Gemeint sind in dem Zusammenhang Prozesse wie das Tiefgefrieren, Gefrieren, das Kühlen, Erhitzen und Backen.

Betrachtet man ein sogenanntes Temperatur-Enthalpie-Diagramm von Wasser (Hauptbestandteil von Teig und Backwaren), so können die oben genannten Prozessschritte u. a. auch energetisch charakterisiert werden (Abb. 2). Demnach wird deutlich, dass Wasser unter Normaldruck bei 0 °C gefriert (Phasenübergang von flüssig nach fest, sogenannte Erstarrungs-Enthalpie) und so lange eine Temperatur von 0 °C beibehält, bis alles (gefrierbare) Wasser gefroren ist. Erst dann tritt eine Temperatur-Senkung ein (Tiefgefrieren). Beim Auftauen tritt ein Phasenwechsel (von fest

++ Temperatur-Enthalpie-Diagramm von Wasser



© Prof. Dr. Klaus Lösche

(Siedepunkt) in 100 °C warmen Dampf werden 2.257 kJ/kg benötigt (Verdampfungs-Enthalpie). Damit wird deutlich, dass das Verdampfen von Wasser ca. 6,7-mal energetisch aufwendiger ist als das Gefrieren von Wasser. Um 0 °C kaltes Wasser in 100 °C warmen Dampf zu überführen, benötigt man $100 \text{ K} \cdot 4,19 \text{ kJ} / (\text{kJ} \times \text{K}) + 2.257 \text{ kJ/kg}$. Die spezifische Verdampfungswärme des Wassers liegt allgemein wesentlich höher als die spezifische Verdampfungswärme von anderen Flüssigkeiten. Während im Bereich 4 Wasser und Wasserdampf (Nassdampf) nebeneinander vorliegen (Abb. 2), steigt die Temperatur erst dann an, wenn alles Wasser verdampft ist.

Eine solche Situation tritt z. B. dann auf, wenn beim Backprozess die Kern-Temperatur noch bei ca. 100 °C liegt, die Oberfläche des Gebäcks aber als Folge der starken Wasserverdampfung (Krustenbildung) sehr viel höhere Temperaturen erreicht und sich der Umgebungstemperatur annähert (also der Backtemperatur sich entsprechend annähert). Der Übergang der Dampfphase in die Wasserphase (Übergang von Phase 5 zu Phase 4 in Abb. 2) gleicht dem „Schwadengeben“ zu Beginn eines Backvorganges. Unter diesen Bedingungen trifft überhitzter Wasserdampf mit z. B. 130 °C auf die Teiglingsoberfläche, welche eine Temperatur von ca. 35 °C besitzt. In der Folge tritt Kondensation ein (aus Dampf wird Wasser), die einerseits den Teigling befeuchtet (und Oberflächen elastisch erhält) und andererseits den Wärmeübergang in den Teigling hinein beschleunigt. Während der Teig also auf diesem Wege direkt mit 100 °C heißem Wasser benetzt wird, wird außerdem die zuvor zum Verdampfen aufgewandte Verdampfungswärme in Form der betragsmäßig identischen Kondensationswärme auch wieder frei. Diese hohen Energiebeträge sorgen letztlich dafür, dass oberflächlich Stärke thermisch hydrolysieren kann und zu glänzenden Dextrinen umgesetzt werden wird (das Gebäck erhält seinen Glanz). Verzichtet der Bäcker auf Dampf beim Backen, wird entsprechend die Teigoberfläche nicht bzw. weniger befeuchtet, der Wärmeübergang ist langsamer und der thermische Energiebetrag reicht nicht aus, um die glykosidischen Bindungen von z. B. Stärke zu

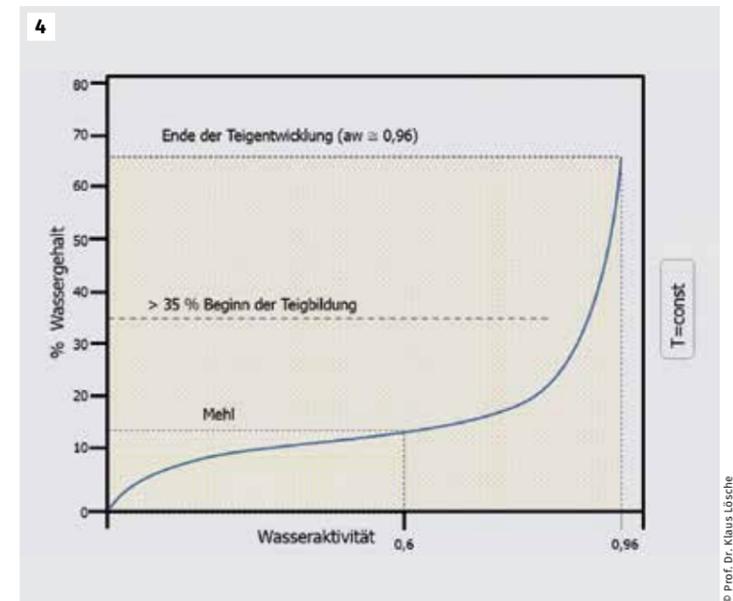


++ Hygienisch kontrollierbare Produktkonditionierung vor dem Backen bzw. Frosten

spalten: Das Gebäck erhält ein „rustikales“ und glanzloses Aussehen.

Wenn mithilfe der Abb. 2 energetische und andere Zusammenhänge für unsere betrieblichen Prozessabläufe klarer werden können, so sollen im Folgenden klimatechnische Überlegungen verdeutlichen, dass namentlich im Backbetrieb die Beherrschung der Atmosphäre (Temperatur, Feuchtigkeit und Druck) besonders wichtig ist. Alleine die Fokussierung auf die physikalische Größe „Temperatur“ reicht nicht mehr aus, um Premiumqualität zu erzeugen und gleichermaßen energetisch günstig zu arbeiten. Wenn erfahrene Bäcker immer schon berücksichtigt haben, dass ein Teig bei unterschiedlicher Wetterlage, also z. B. bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit und bei

++ Einfluss der Wasserabsorption von Mehl auf die Wasseraktivität während einer Teigbildung und -entwicklung (schematisch, vereinfacht)



© Prof. Dr. Klaus Lösche



++ Qualität durch gleichmäßige Bedingungen

geringer relativer Luftfeuchtigkeit, jeweils spezifisch anders zu behandeln sind (handwerkliches Können), so findet man heute angepasste Apparaturen, Verfahren und Prozesse (Abb. 5), die derartige Zusammenhänge ähnlich berücksichtigen können.

Die Beziehungen werden klarer, wenn man unterschiedlich feuchte-gesättigte Luft betrachtet (Abb. 1). So ist es bekannt, dass Wolken und Nebel eine relative Feuchte von 100 % aufweisen (der Mensch ertrinkt bekanntlich nicht darin), aber eine Regen-Situation mit seinen großen Wassertropfen nur eine relative Feuchtigkeit von ca. 80 % aufweist. Indirekt angesprochen wird damit auch eine thermodynamische Größe, die als Wasseraktivität (a_w -Wert) bekannt und definiert ist. Während die Luftfeuchte den Anteil an Wasserdampf im Gasgemisch der Luft bezeichnet (flüssiges Wasser wird dabei nicht berücksichtigt), so kann Luft in Abhängigkeit von der Temperatur nur eine gewisse Höchstmenge an Wasserdampf (ein Gas) aufnehmen (Abb. 1).

Das geläufigste Maß für die Luftfeuchtigkeit ist die relative Luftfeuchtigkeit, angegeben in Prozent. Sie gibt für die aktuelle Temperatur und den aktuellen Druck das Verhältnis des momentanen Wasserdampfgehaltes zum maximal möglichen Wasserdampfgehalt an. Dem gegenüber steht die sogenannte Wasseraktivität eines Lebensmittels (z. B. Teig, Abb. 3), welche den relativen Dampf-

Druck von Wassermolekülen des jeweiligen Produktes (z. B. Kopfraum) im Verhältnis zum Dampfdruck von reinem Wasser definiert.

Hier nutzt man eine Skala von 0 (ohne Wasser) bis 1,0 (reines Wasser), während bei der relativen Feuchte üblicherweise eine Skalierung von 0–100 % benutzt wird. Beide o. g. Größen sind zueinander äquivalent, sodass man grob sagen kann, dass ein Lebensmittel mit z. B. einem a_w -Wert von 0,9 einer relativen Feuchte von 90 % entspricht.

Betrachtet man einen Teigbildungsprozess entsprechend der Wassersorption (isotherm), so beginnt eine Teigbildung bei einem a_w -Wert (von Mehl) von ca. 0,6 (Abb. 4). Durch Schützwasser steigt dann entsprechend den Wasserbindungsverhältnissen während der Teigbildung nicht nur der Wassergehalt im Teig, sondern auch spezifisch der a_w -Wert. Während bis etwa 35 % Wassergehalt quasi noch pulverige Eigenschaften dominieren, tritt die eigentliche Teigbildung erst oberhalb von ca. 35 % Wasseranteilen ein. Entsprechend steigt der a_w -Wert anfangs sehr schnell, um bei hohen Wassergehalten nur noch wenig anzusteigen. Am Ende der Teigbildung (Abb. 3) wird ein a_w -Wert von ca. 0,96 erreicht sein (Abb. 4), der einem Wassergehalt von z. B. 65 % entspricht. Wird ein solcher Teigling in eine Umgebung verbracht, die eine geringere relative Feuchte als 96 % aufweist, so tritt

Desorption (Austrocknung) ein (Hautbildung bei Teiglingen). Wenn z. B. ein Gärraum bei ca. 80 % relativer Luftfeuchte arbeitet, so wird demzufolge ein entsprechender Masseverlust bei Teiglingen zu beobachten sein mit allen daraus resultierenden Folgen (u. a. Verlust an Wärmeleitfähigkeit, Verlust an Enzym- und Hefeaktivität in der Haut). Diese prinzipiell ungünstige Situation ist fachlich betrachtet ebenfalls unerwünscht, da die resultierende Gebäckqualität so nur suboptimal beherrscht wird.

Ein Lösungsansatz für eine optimierte Prozessführung (Abb. 5) bietet sich in der Nutzung von Aerosolen mit Additiven an. Solche Aerosole sind vergleichbar mit Nebel, Wolken, also Wasser-Tröpfchen, die sehr klein sind (z. B. ca. 10 μm Durchmesser aufweisen). Die Aerosole lassen sich sehr gut über Ultraschall-Generatoren (sogenannte piezokeramische Wandler) erzeugen. Sie sehen aus wie Dampf, sie sind aber ein freischwebender, leicht verdriftender Nebel (flüssiges Wasser mit sehr kleinen Tröpfchen). Mit ihrer Hilfe gelingt es, eine Luftfeuchtigkeit von bis zu 100 % zu generieren, sodass ihr Einsatz erstmals den Notwendigkeiten für einen sachgerechten Umgang mit Teiglingen entsprechen kann, weil dem a_w -Wert des Teiglings dann eine dementsprechende relative Luftfeuchte entgegengesetzt werden kann (hier z. B. 96 %). Während z. B. Aerosole je nach Ultraschall-Frequenz sehr kleine Tröpfchen mit sehr geringer Sedimentationsrate liefern, werden Wasser-Tröpfchen, mit einer Tropfengröße von ca. 150–250 μm einer o. g. Regen-Situation entsprechen und gleichermaßen eine hohe Fallrate aufweisen (vgl. Pfützenbildung im Gärraum).

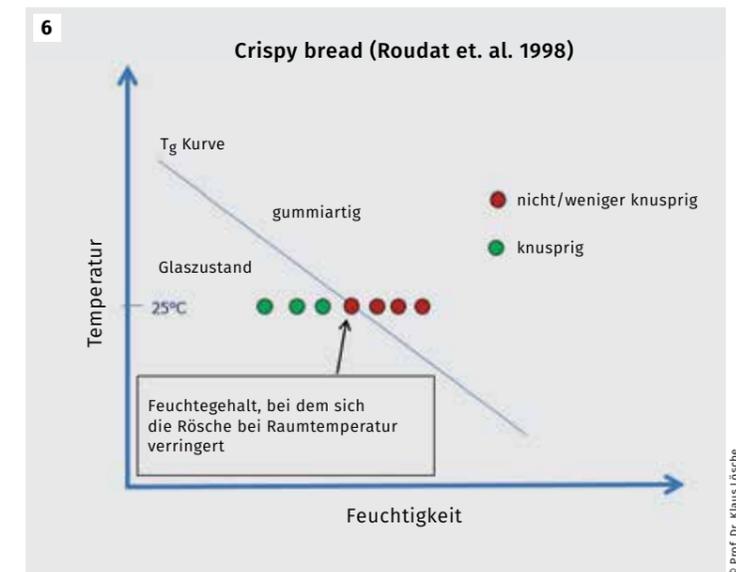
Die Nutzung von Dampf bei Gärräumen (mit einem üblichen Temperaturbereich zwischen ca. 30–35 °C) führt zwingend zur (unerwünschten) Kondensation und damit zu Tröpfchengrößen, die einer solchen o. g. „Regen-Situation“ entsprechen („Tropfsteinhöhlen“). In der Folge kann die relative Feuchte (in Abhängigkeit von der Beladung mit Teig) z. B. eines Gärraumes i. d. R. 80 % relative Feuchte selten überschreiten, mit allen o. g. Resultaten (z. B. Hautbildungen,

zudem entstehen hygienische Risiken durch Schimmelwachstum aufgrund von übermäßigen Kondensationen bei den gegebenen Temperaturen u. a. m.). Eine optimierte Atmosphäre z. B. für einen Gärunterbrechungs-Prozess (Anwendung von Aerosolen statt Dampf) führt zu einer optimalen Gleichgewichts-Feuchte (Vermeidung von Desorptionen, Aufrechterhaltung der biochemischen Prozesse, Aufrechterhaltung der Wärmeleitfähigkeit, Minimierung bzw. Vermeidung von Kondensationen etc.). Danach ist u. a. die Volumenausbildung der Gebäcke bei Teiglingen eher dreidimensional, die Kruste dicker und poröser (bessere Rösche etc.).

Da Aerosole in der Lage sind, eine dem Teigling (a_w -Wert von 0,96) entsprechende Luftfeuchte (96 % relative Feuchte) einzuhalten, können z. B. Desorptionen verhindert werden, der Glanz und auch eine Fensterung tritt dann vergleichsweise allseitig ein: Premium-Qualität wird zugänglich.

Vergleicht man einen solchen Prozess (Dampferzeuger vs. Aerosol-Technik), so wird der anfangs verdeutlichte Umstand sofort ersichtlich, dass ein Verdampfungsvorgang „das Teure“ darstellt (Abb. 2). Messungen über einen 20-h-Prozess (Gärunterbrechung, GU) zeigen, dass ein Elektro-Verdampfer wesentlich höhere Ener-

++ Wasserentzug aus porösen Strukturen generiert den Glaszustand (Übergang von gummiartigen Zuständen in den Glaszustand); T_g = Glasübergangstemperatur





++ Hygienische Aerosol-Lüftung außerhalb der Produktion

gieverbräuche hat als eine Ultraschalleinheit benötigt (hier wird bekanntlich nicht verdampft!). Im Vergleich werden gegenüber der E-Verdampfung entsprechend geringe Energiemengen insgesamt benötigt, wenn nicht verdampft werden muss (Ultraschall-Technik). Eine Energie-reduzierung um mehr als 35 % ist möglich.

Erzeugung von Rösche

Rösche (Crispness) ist ein wichtiges sensorisches Attribut für viele Backwaren (Brötchen, Baguette, Flachgebäcke etc.), die in der Regel bereits nach wenigen Stunden diese Merkmale unerwünschterweise verlieren. Bäckerei-fachlich wird die Generierung von Rösche derzeit durch Maßnahmen charakterisiert wie verlängertes Backen, höherer Malzanteil in Rezepturen oder Ähnliches mehr. Andererseits besteht Klarheit darüber, dass Rösche dadurch charakterisiert werden kann, indem poröse Strukturen vermehrt in einen sogenannten Glaszustand überführt werden.

Der Einsatz von Aerosolen im Gärprozess führt zu deutlich poröseren Krustenstrukturen (Gasblasenexpansion ist deutlich weniger bis gar nicht gehemmt, da kaum Desorptionen bei der Teigoberfläche eintreten).

Überführt man so hergestellte Gebäcke nach dem Backen in eine Vakuumkühlung, so kann bereits ein sehr geringer Wasserentzug in der porösen Kruste sehr spröde Materialeigenschaften erzeugen, die einer sehr typischen Rösche entsprechen (Abb. 6). Unter derartigen Bedingungen (auch Vakuumierung von offenporigen Strukturen der Kruste) kann die Kruste vermehrt in den sogenannten Glaszustand überführt werden (Unterschreiten der Glasübergangstemperatur), mit dem Ergebnis, dass eine solche Materialeigenschaft sehr viel weniger empfindlich geworden ist gegenüber einer nachfolgenden Hydratation. Mit anderen Worten: Ein entsprechend hergestelltes Brötchen behält



++ Hygienische Aerosol-Lüftung innerhalb der Produktion



seine Rösche selbst in Gegenwart von Käse, Wurst und/oder Salat über einen Zeitraum von mindestens 12–14 h (bisher 4–5 h) bei – auch bei Kühltemperaturen.

Damit kann erstmals ein Verfahren genutzt werden, um typische Qualitätsmerkmale von vielen Backwaren auch über sehr viel längere Zeiträume – als bisher bekannt – aufrechtzuerhalten. Auch teilweise bestehende Problematiken wie Haarrisse bei Flachgebäcken lassen sich auf diesem prinzipiellen Wege minimieren oder gar vermeiden.

Abkühlen von Backwaren

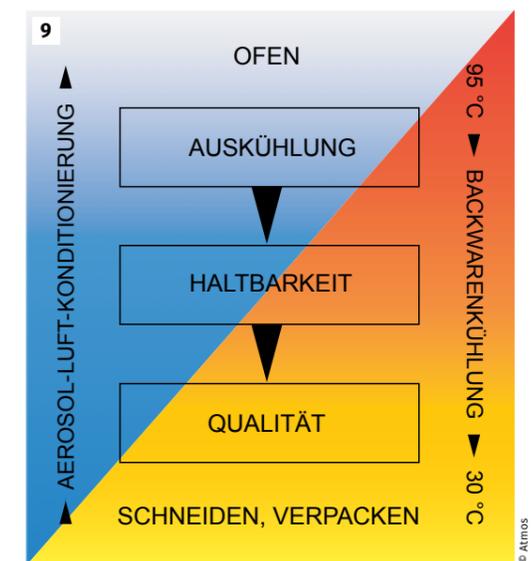
Grundsätzlich stellt das Abkühlen heißer Backwaren einen kritischen Schritt im Backbetrieb dar. Vor allem ist es zu gewährleisten, dass der mikrobiologisch-hygienisch sensible Temperaturbereich von ca. +65 °C bei ca. +10 °C möglichst rasch durchschritten wird, da anderenfalls hohe oder sehr hohe mikrobielle Re-Kontaminationen eintreten können (Abb. 9). Daher liegen mehrere Gründe vor, um einen spezifischen Kühl-Prozess durchzuführen:

- + Voraussetzung für einen nachhaltigen Schneidevorgang

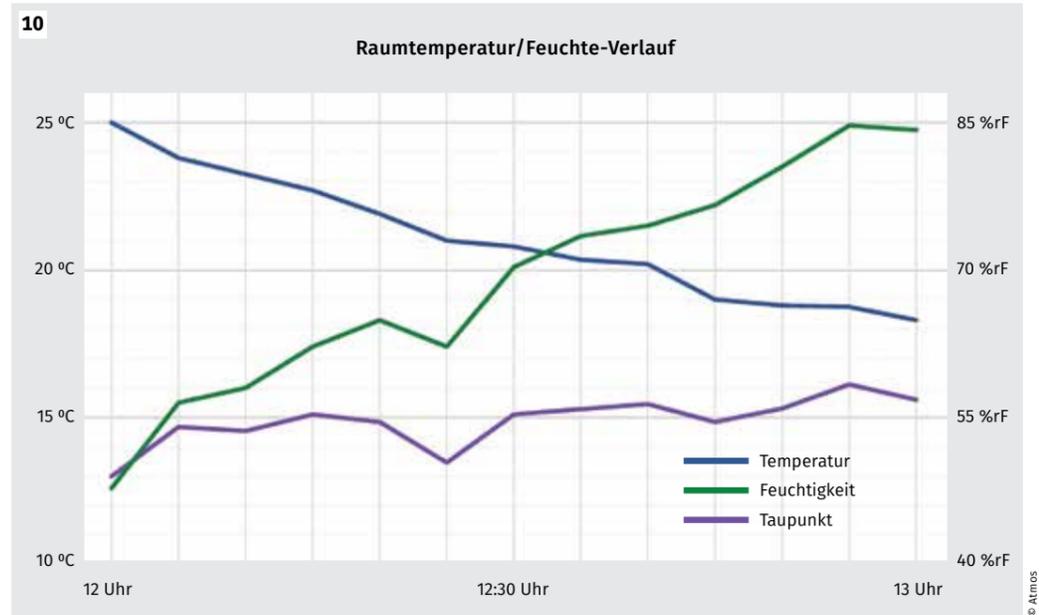


- + Voraussetzung für einen nachhaltigen Gefriervorgang
- + Vermeidung von Masseverlust
- + Vermeidung des sogenannten „Flaking“: Vermeiden des Abplatzens der Kruste von der Krume bei teilgebackenen TK-Backwaren
- + Vermeidung z. B. von Haarrissen bei Flachgebäcken (Kekse, Waffeln, Knäckebröte)
- + Vermeidung der Re-Kontamination
- + Und andere...

Ein verfahrenstechnisch neuartiger Lösungsansatz liegt in der Nutzung/Einführung einer adiabaten Kühlung. Sie nutzt die Verdunstungskälte, die eintritt, wenn warme (trockene) Luft befeuchtet wird. Eine Anlage (Abb. 9) arbeitet z. B. in der Weise, dass heiße Brote (95 °C) mit Luftaerosolen von 25 °C befeuchtet werden, sodass gleichzeitig eine Kühlung eintritt. Warme Prozess-Luft von z. B. 28 °C wird durch Aerosolbeladung gekühlt und ebenfalls im Gegenstromprinzip (zur Brottransportrichtung) zur weiteren Brotkühlung (und Befeuchtung) genutzt. Statt in einem kontinuierlichen Prozess, gelingt dasselbe auch in stationären Verfahren, wobei je nach Zielvorstellung ein solcher Kühlturm auch zusätzlich mit einem Kälteaggregat versehen sein kann, was wiederum viele neuartige auch optimierte Prozessgestaltungen erlaubt.



++ Innovatives hygienisches Kühlturmprinzip



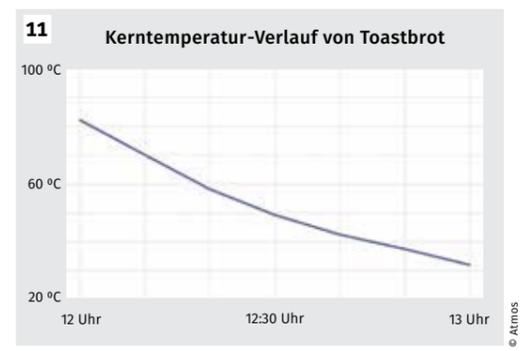
++ Proportional zur Raumtemperatur ist die Kerntemperatur beeinflussbar; Kühlprozess mit Aerosolen: 50 % Zeitersparnis

Allgemein kann bei Nutzung dieser neuartigen Technologie (ohne aktive Kälteerzeugung, nur Verdunstungskälte) vergleichsweise mindestens von einer Halbierung der Kühlzeiten ausgegangen werden (Toastbrot (Abb. 11), WM, RM, Vollkorn).

Mit der neuen Technologie, die eine spezifische Steuerung der Umgebungs-Feuchte realisiert (verfahrensabhängig), werden kaum Gewichtsverluste mehr gemessen (z. T. tritt umgekehrt sogar eine Gewichtszunahme ein). Von besonderem Interesse ist es außerdem, dass bei verpackten und pasteurisierten Vollkornbrotten innerhalb des MHDs (21 Tage) Masseverluste eintreten, die verfahrensabhängig sind. So werden im Falle von raumgekühlten Broten anfangs 46,09 % Feuchtigkeit im Produkt (Produktionstag), nach 3 Wochen nur noch 40,98 % Feuchte gemessen. Bei Nutzung einer optimierten adiabaten Kühlung wird am Produktionstag 47,61 % Feuchte gemessen und nach 3 Wochen Lagerzeit 44,20 %. Das bedeutet, dass der Masseverlust verfahrensabhängig einerseits auf unterschiedlichem Niveau eintritt und andererseits auch unterschiedlich ausgeprägt eintritt. So verlieren Vollkornbrote, die adiabatisch gekühlt werden, nach 3 Wochen Lagerzeit über 4 % weniger an Feuchte

++ Spezifische generierte Kühlkurve, wie diese in einer 1. Prozess-Phase typisch eintritt

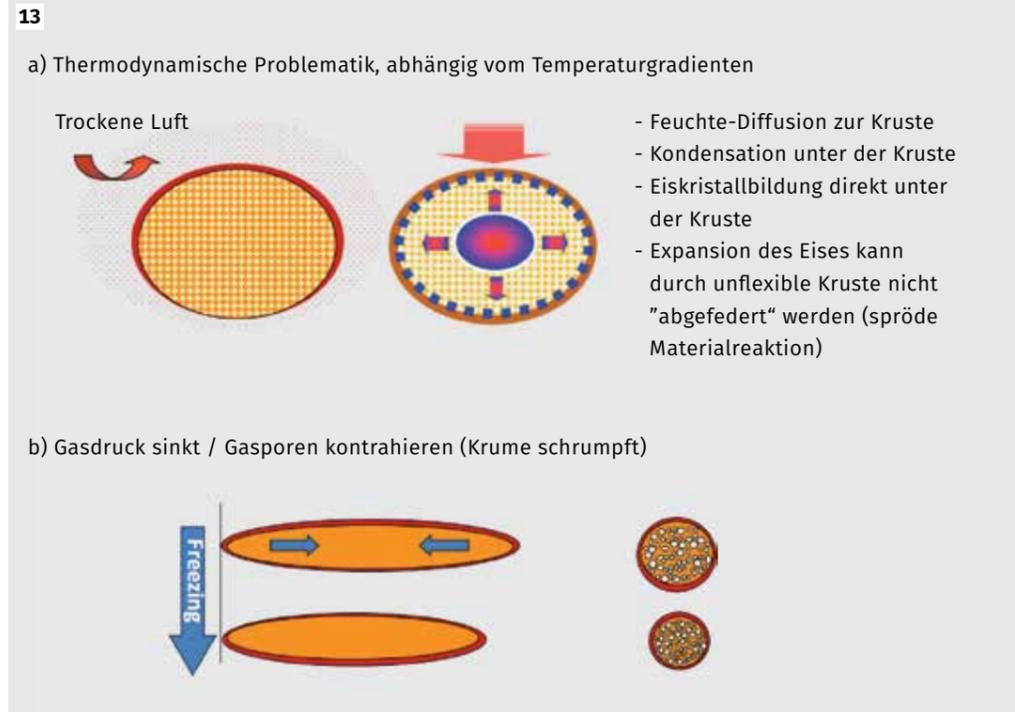
als jene, die bei Raumtemperatur ausgekühlt werden. In neueren Applikationen werden Aerosole u. a. als Träger für mizellierte antimikrobielle bzw. antifungale Naturstoffe (Pflanzenextrakte) genutzt (Mizellieren heißt: sehr hohe Bioverfügbarkeit, es heißt auch Solubilisieren von unlöslichen Stoffen, dadurch wird eine vergleichsweise hohe Wirksamkeit bei niedriger Dosis realisiert), um einerseits einen „Clean-in-Place“-Effekt zu generieren (Hygiene in Räumen/Kammern/Tunneln etc.), oder auch um die Produkte (Backwaren) gleichermaßen mikrobiologisch zu dekontaminieren und so verlängerte Haltbarkeiten zu erreichen (Hemmung des mikrobiellen Wachstums wie Schimmel u. a. m.) (Abb. 12).



Das Abplatzen der Kruste bei halbgebackenen TK-Brotten stellt nach wie vor eine Herausforderung an Betriebe dar. Ursachen dafür sind vielschichtig und u. a. eine Folge einer zu „trockenen“ Kühlung vor dem Schockgefrieren, wobei vielfach außerdem eine zu hohe (heiße) Kerntemperatur eingehalten wird. Das Abplatzen der Kruste von der Krume kann faktisch komplett verhindert werden, wenn vor dem Schockgefrieren adiabatisch (feucht) gekühlt wird (Abb. 13). Dadurch kann außerdem die spröde Materialreaktion der Kruste minimiert werden und gleichzeitig ist die Einhaltung möglichst geringer delta-Werte der

Temperatur (Temperatur der heißen Ware zu Umgebungstemperatur der Gefrierkammer) dann besser möglich. Naturgemäß ist die Gefahr des Abplatzens der Kruste von der Krume umso größer, je stärker die Kruste ausgebildet ist. Vergleicht man TK-Brötchen hinsichtlich ihrer Qualitätsmerkmale entsprechend, so fallen die Unterschiede sofort auf. Während Brötchen ohne „feuchte“ Abkühlung (Standard) kleinere Volumina, weniger Fensterung, schlechtere Ausbeute und auch mehr Abplatz-Raten ausweisen, kann durch Ultraschall-Aerosole all dies verbessert und ein Abplatzen faktisch verhindert werden.

++ Energie-optimiertes Hygienic Design



++ Die Problematik des Abplatzens der Kruste bei halbbebackenen TK-Broten; Fallstudie: Backwaren gefroren (Le Bail, 2006)

Quelle: Prof. Le Bail (France)

Kühlen und Gefrieren von Backwaren „heute“

Probleme	Ursachen
Gefrierbrand	Hohe Luftgeschwindigkeit
Austrocknung	Geringe Umgebungs-Feuchte
Gewichtsverlust	Austrocknung
Hoher Energieaufwand	Schlechte Wärmeleitfähigkeit
Abplatzen der Kruste	Thermomechanische Spannungsproblematik

Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Das Verdampfen von Wasser stellt energetisch einen aufwendigen Schritt dar. Der Verzicht einer Dampferzeugung z. B. bei Gäräumen und der substitutive Einsatz von Aerosolen (Nebel) führt energetisch zu beeindruckenden Einsparungen (>30 %). Gleichmaßen kann z. B. bei Gärsteuerungs-Verfahren erstmals eine dem Teigling entsprechende (a_w -Wert: 0,96) relative Umgebungsfeuchte eingehalten werden, wenn statt Dampf Aerosol (Nebel) genutzt wird (96 % rF).

Da Nebel im Vergleich zu Dampf nicht kondensiert, werden gleichermaßen hygienische Probleme z. B. in Gäräumen (Schimmelwachstum, vgl. HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points)) deutlich minimiert. Wenn der a_w -Wert von Teiglingen und die relative Umgebungsfeuchte (möglichst) im gesamten Prozessgeschehen auf gleichem Niveau gehalten werden (hohe Gleichgewichtsfeuchte), so sind erstklassige Qualitätsmerkmale für Gebäcke zugänglich (u. a. Rösche, Fensterung).

Die Nutzung von Aerosolen kann auch dafür genutzt werden, um Rösche zu intensivieren oder zu verlängern. Dazu ist eine Vakuumierung dann besonders relevant, wenn poröse Krusten-Strukturen zuvor geschaffen wurden (Vermeiden einer Verhautung). Mechanische Spannungen treten bei vielen Backwaren dann auf, wenn die klimatischen Bedingungen nicht beherrscht sind (Haarrisse bei Keksen, Waffeln und Knäckebrot...). Die Nutzung der neuartigen Technologie kann effektiv Abhilfe schaffen.

Interessante und neuartige Ansätze ergeben sich auch für zahlreiche Problemstellungen beim Abkühlen von Backwaren. Unter anderem kann sowohl die physikalische und die mikrobielle Frischhaltung positiv beeinflusst werden. Bei teilgebackenen TK-Produkten kann das unerwünschte Abplatzen der Kruste von der Krume verfahrenstechnisch komplett vermieden werden, wenn vor dem Gefrieren möglichst geringe Kern-Temperaturen eingehalten werden (z. B. 30 °C, besser noch ist 20 °C) und zuvor spezifisch und feucht gekühlt wird. Die Kühlzeiten für Schnittbrote lassen sich vergleichsweise effizient verkürzen (Abb. 11), die Prozesse energetisch, die Backprodukte qualitativ optimieren und gleichermaßen können im Verfahren Hygiene-Aspekte spezifisch berücksichtigt werden (Entschärfung von CCPs, Verlängerung des MHDs).

Von besonderem Interesse ist, dass Masseverluste als Folge von spezifischen Kühlprozessen minimierbar oder vermeidbar sind. In diesem Zusammenhang bilden die Nutzung von luftgeführten

Aerosolen und eine spezifische Umsetzung des o.g. Zusammenhängens von a_w -Wert und relativer Feuchte eine bahnbrechende verfahrenstechnische (thermodynamische) Grundlage schlechthin. Nachgeschaltete Prozessschritte wie die einer Pasteurisation oder Sterilisation von z. B. Schnittbrot können nunmehr bei Nutzung der neuartigen Technologie erheblich produkt-schonender und insgesamt energetisch günstiger durchgeführt werden. Ein solches sehr produktspezifisches Verfahren realisiert eine vergleichbare mikrobielle Sicherheit, bei mindestens vergleichbarem MHD aber bei deutlich optimierten Qualitätsmerkmalen der Backwaren.

Der Umstand, dass auch bei verpackten und pasteurisierten Schnittbrot Einfluss auf Masseverluste genommen werden kann, betrifft Frischhalteaspekte, wie ökonomische Überlegungen gleichermaßen. Zeitliche wie energetische Einsparpotenziale und verbesserte Produkt-Qualitätsmerkmale sind nunmehr optimiert zugänglich.

In der Summe kann festgestellt werden, dass obwohl Aerosole in der Bäckerei bereits seit Jahren viele Anwendungsfelder gefunden haben (primär Gäräume und Gärsteuerungsanlagen), die neuartige Technologie der luftgeführten Aerosole und biologischen Additive in Zukunft sicher mehr finden werden. Eine intelligente verfahrenstechnische Nutzung der zahlreichen Anwendungsfelder bietet einmalige zeitliche, energetische, hygienische und qualitative Vorteile für den Backbetrieb. +++

Autoren

Prof. Dr. Klaus Lösche
CEO, NFT GmbH
Johannisburgerstraße 20
D-27580 Bremerhaven



Mobil: +49 171 766 5511
Tel: +49 471 86014
E-Mail: k.loesche@icloud.com

Dipl. Ing. A.M.G. Reichenbach
CEO, Atmos Anlagenbau GmbH
Fichtenstraße 12
D-58640 Iserlohn



Mobil: +49 171 771 4219
Tel: +49 2371 944 677
E-Mail: amg.reichenbach@gmail.com