

Einfluss der Luftgeschwindigkeit beim Backen im Ladenbackofen

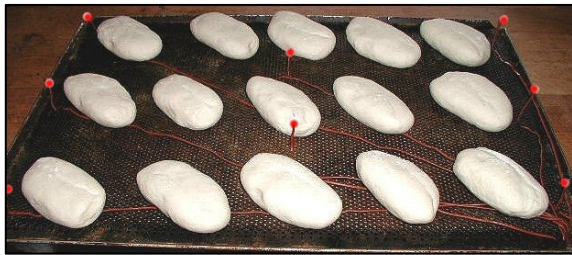
Dipl. Chem. Christine Hermann

Einleitung

In Backöfen mit Heißluftströmung (Konvektion), insbesondere Ladenbacköfen und Stikkenbacköfen, ist die Strömungsgeschwindigkeit der heißen Luft für die Wärmeübertragung und die Qualität der Backwaren von entscheidender Bedeutung /1, 2/.

Die Veränderung der Luftgeschwindigkeit beim Backen wird durch Änderung der Umdrehungszahl des Lüfterrades erreicht und zielt in der Praxis darauf ab, die Verteilung der heißen Backluft und damit die Intensivierung der Energieübertragung auf das Backgut zu beeinflussen. Dadurch soll gezielt Einfluss auf ein vergleichmäßigt Backverhalten in den einzelnen Blechetagen genommen werden.

Wie der Einfluss von Dampfmenge und –temperatur, Umdrehungszahl des Lüfterrades, Backtemperatur und Backzeit auf die Temperaturverteilung und damit auf die Gebäckqualität tatsächlich sind, wurde auf Basis statistischer Versuchsplanung an einem Ladenbackofen untersucht. Im Folgenden sollen die Ergebnisse der Untersuchungen bei Variation der

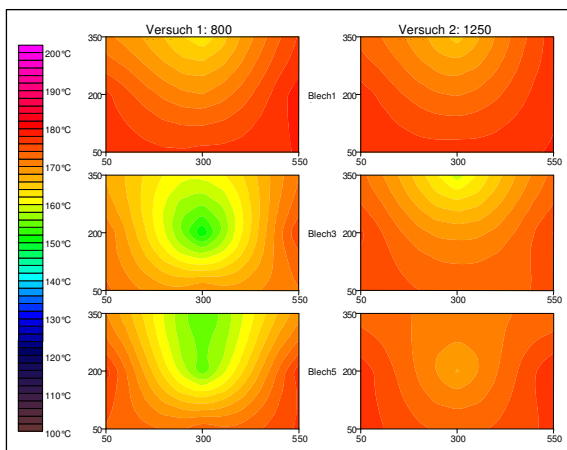


Luftgeschwindigkeit (Temperaturverteilung auf den Blechen, Erzeugnisqualität) hier vorgestellt werden.

Kern der Untersuchung bildete die Erfassung der Temperaturverteilung. Dazu wurden je 8 Thermoelemente auf dem obersten, dem mittleren und dem untersten Blech installiert.

Temperaturverteilung bei Variation der Luftgeschwindigkeit

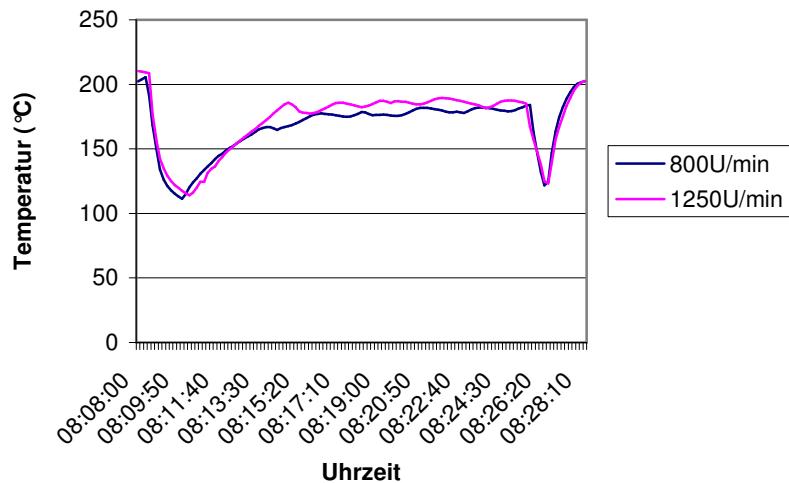
Zur Ermittlung des Einflusses der Lüftergeschwindigkeit auf die Temperaturverteilung wurde die Umdrehungszahl des Lüfterrades je nach Versuchsdurchführung auf die Stufen 800 und 1250 U/min eingestellt und die Temperaturen an den entsprechenden Messpunkten erfasst. Mittels spezieller Auswertesoftware wurde im Anschluss die mittlere Temperaturverteilung nach Integration über die Backzeit ermittelt und grafisch dargestellt.



Bei niedriger Luftgeschwindigkeit (800 U/min-Versuch 1) sind deutlich geringere mittleren Temperaturen auf dem 3. und 5. Blech festzustellen. So liegen die Temperaturen in der Blechmitte bei nur ca. 150 °C. Dagegen ist bei höherer Luftgeschwindigkeit (1250 U/min-Versuch 2) die Temperaturverteilung bei allen Blechen im Verhältnis zum Versuch 1 erheblich gleichmäßiger.

Die Soll (=Vorheiztemperatur) lag bei allen Versuchen bei 210 °C.

Die zeitlichen Verläufe der Ist-Backraumtemperatur der Versuche 1 und 2 unterscheiden sich in ihrer Dynamik. Bei Versuch 2 mit 1250 U/min ist in den ersten vier Minuten des Backprozesses ein deutlich stärkerer Temperaturanstieg zu beobachten als bei Versuch 1. Beim ersten Drehrichtungswchsel des Lüfters beträgt der Temperaturunterschied ca. 15 Kelvin. Nach sechs Minuten Backzeit, beim Umschalten auf Ausbacktemperatur, beträgt der Temperaturunterschied immer noch 5 Kelvin. Im weiteren Verlauf des Backprozesses ist festzustellen, dass bei der höheren Drehzahl Abweichungen vom Temperatursollwert schneller kompensiert. Der Backprozess verläuft im Durchschnitt mit einer um 10 Kelvin höheren Temperatur. Die Temperaturverläufe der sind im Folgenden dargestellt.



Nach den physikalischen Gesetzmäßigkeiten zur Wärmeübertragung ist bei höherer Luftgeschwindigkeit ein besserer Wärmeübergang an das Backgut zu erwarten, was wiederum zu einer früher einsetzenden Krustenbräunung führt und bei gleicher Backzeit eine intensivere Bräunung zur Folge hat. Das lässt sich aus der Analogiebeziehung zwischen Wärme- und Stoffübergang erklären, auf Grund dessen ein intensiverer Wasserübergang vom Backgut an die Backluft zu erwarten ist, was wiederum eine stärkere Austrocknung des Backgutes an der Kruste (Backverlust) zur Folge hat.

Variation der Luftgeschwindigkeit und ihre Einflussnahme auf die Gebäckqualität

Zur Ermittlung der Einflusshöhen der Luftgeschwindigkeit auf die Qualität von Brötchen wurde die statistische Versuchsplanung herangezogen. In einem 2^3 -Faktorenplan wurden die Luftgeschwindigkeiten in 2 Stufen und die Einwirkzeit des Dampfes (vor Lüfterradanlauf) bei der Dampfgabe zu Beginn des Backprozesses variiert:

| Einflussgröße | | Niveaus | |
|---------------|---|---------|-----|
| | | (+) | (-) |
| x1 | Luftgeschwindigkeit 1 (Lüfterrad U/min, Beginn bis 8min) | 1250 | 800 |
| x2 | Luftgeschwindigkeit 2 (Lüfterrad U/min, 9 bis 17min) | 1250 | 800 |
| x3 | Einwirkzeit des Dampfes (sec) | 90 | 30 |

Als Zielgrößen (y-Werte) wurden ausgewählte Qualitätsparameter der Brötchen untersucht. Diese wurden mittels RGP-Funktion (EXCEL) ausgewertet und die Regressionsgleichung für jede Zielgröße und mittels F-Test statistisch bewertet. Nachfolgend sind ausgewählte Regressionsgleichungen dargestellt, die nach Prüfung mit dem F-Test die Abhängigkeit der Einflussgrößen von den Zielgrößen mathematisch wiedergeben:

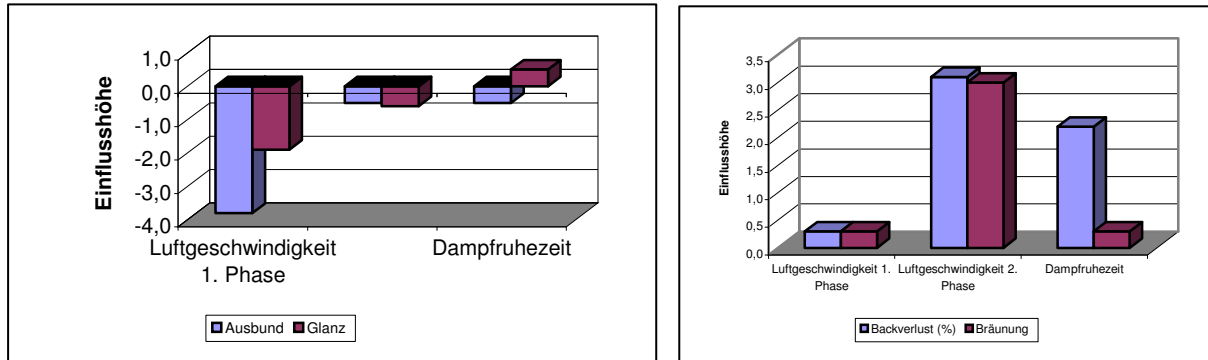
Backverlust: $y = 20,9 + 0,06x_1 + 0,61x_2 + 0,44x_3$

Bräunung: $y = 36,1 + 0,13x_1 + 1,13x_2 + 0,13x_3$

Ausbund: $y = 3,1 - 0,23x_1 - 0,03x_2 - 0,03x_3$

Glantz: $y = 33,8 - 1,4x_1 - 0,42x_2 + 0,33x_3$

Der 1. Wert der Regressionsgleichungen stellt jeweils den Mittelwert der Messungen dar, während die anderen Daten (Steigungskoeffizienten) die Einflusshöhen der jeweiligen x-Werte angeben. Mittels t-Test wurde danach festgestellt, ob die ermittelten Steigungskoeffizienten einen signifikanten Einfluss auf die unabhängigen Variablen haben. Dazu wurde der t-Wert berechnet (Steigungskoeffizient unter Einbeziehung der Standardabweichung) und dieser Wert mit den kritischen t-Werten verglichen.



Die Darstellung der berechneten t-Werte der Luftgeschwindigkeit zeigen nunmehr Einflussnahme (Einflusshöhe; Einflussart, positiv oder negativ) auf ausgewählte Qualitätsparameter. Dabei ist zu erkennen, dass sich eine hohe Umdrehungszahl des Lüfterrades im ersten Backabschnitt (1. bis 8. Minute) signifikant negativ auf Glanz und Ausbund auswirkt. Die Irrtumswahrscheinlichkeit für diesen Zusammenhang beträgt 1%. Ein negativer Einfluss auf Glanz und Ausbund besteht auch bei den Luftgeschwindigkeiten in der 2. Backphase, aber in wesentlich geringerer Intensität als in der 1. Backphase (Irrtumswahrscheinlichkeit 10%). Eine höhere Dampfruhezeit wirkt sich positiv auf den Glanz aber negativ auf den Ausbund aus (Irrtumswahrscheinlichkeit 10%).

Einen signifikant positiven Einfluss auf Backverlust (höher) und Bräunung (intensiver) übt eine hohe Luftgeschwindigkeit in der 2. Backphase aus (Irrtumswahrscheinlichkeit 1%). Einen signifikant positiven Einfluss auf den Backverlust (höher) hat ebenfalls die Dampfruhezeit. Die Auswertung des Volumens im Rahmen der statistischen Versuchsplanung ergab in den festgelegten Grenzen keinen signifikanten Einfluss der Luftgeschwindigkeiten auf das Volumen.

Die weitere Auswertung der Gebäcke erfolgte nach folgenden Methoden:

Backverlust: Messprinzip Rapsverdrängungsmethode; Messung nach 60 min Abkühlung
 Glanz: Refo 60, Fa. Dr. Lange
 Bräunung: Color Pen, fa. Lange
 Ausbund: sensorisch, gewichtet (5 Pkt: sehr gut, 4 Pkt.: gut....1 Pkt.: Schneider)

Eine Erhöhung der Luftgeschwindigkeit von 800 auf 1200 U/min über den gesamten Backprozess bewirkt:

1. Zunahme des Backverlustes um 15%
2. Zunahme der Krustenbräunung um 30%
3. Abnahme des Glanzes um 40%
4. Verschlechterung des Ausbundes um 40%
5. Geringfügige Verschlechterung des Volumens (5%)



Die Abbildungen zeigen Brötchen, die mit Drehzahlen von 800 bzw. 1200 U/min gebacken wurden. Es ist besonders die negative Wirkung auf den Ausbund und die positive Beeinflussung der Krustenbräunung ersichtlich. Beide Versuche wurden mit der gleichen Backzeit (17min) durchgeführt. Es wird deutlich, dass bei einer höheren Umdrehungszahl die Backzeit in jedem Fall verkürzt werden muss, um eine brötchentypische Krustenbräunung zu erhalten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass eine Erhöhung der Luftgeschwindigkeit beim Backen von Brötchen zwar zu einer Verbesserung von Bräunung (intensivier) und Backverlust (höher) führt, aber auch wesentliche Qualitätsnachteile bei Glanz und Ausbund zu konstatieren sind. Generell höhere Luftgeschwindigkeiten beim Backen müssen daher abgelehnt werden.



Optimierung der Luftgeschwindigkeit beim Backen im Ladenbackofen

Die systematischen Untersuchungen zeigen, dass durch eine variable Gestaltung und Anpassung der Lüftergeschwindigkeit sehr gezielt auf die Gebäckqualität Einfluss genommen werden kann und folglich die positiven Wirkungen einer geringeren Luftgeschwindigkeit mit den positiven Wirkungen einer höheren Luftgeschwindigkeit gekoppelt werden können. Dazu wurde der Backprozess in 2 Abschnitte eingeteilt; der 1. Backabschnitt von der 1. bis zur 8. Minute, der 2. von der 9. bis zur 17. Minute. Im 1. Backabschnitt wird werden der Dampfgabe wichtige Voraussetzung für die Ausbildung des Ausbundes und des Volumens geschaffen. Durch eine geringere Luftgeschwindigkeit wird der Glanz, Ausbund und Volumen positiv beeinflusst. Bei geringerer Luftgeschwindigkeit kann der Dampf auf der Oberfläche der Brötchen deutlich besser kondensieren. Dadurch erfolgt eine schlagartige Energieübertragung auf die Oberfläche der Teiglinge, so dass die Temperatur an der Gebäckoberfläche innerhalb von Sekunden von 30 auf 80°C ansteigt /3/. Dieses wärmephysikalisch bedeutsame Potential ist von elementarer Bedeutung, da sich durch eine schnelle Denaturierung der Proteine und Verkleisterung der Stärke eine feste Backhaut bildet, die für einen guten Ofentrieb und letztlich eine gute Ausbundbildung entscheidend ist. In Verbindung mit dem Kondensat bildet sich eine Mikroschicht auf der Oberfläche der Brötchen. Der Stärkekleister fließt durch die hohe Backtemperatur auseinander und bildet eine glatte Oberfläche (Dextrinierung, Glanzbildung) /4/. Eine geringere Luftströmung in der ersten Backphase bewirkt auch eine geringere Austrocknung der Oberfläche der Brötchen, was sich zusätzlich positiv auf Glanz- und Volumenentwicklung auswirkt. Im nachfolgenden 2. Backabschnitt erfolgt in erster Linie die Krustenbräunung, hier kann also mit höheren Luftgeschwindigkeiten gearbeitet werden. Die erhöhte Luftgeschwindigkeit wirkte sich positiv (erhöhend) auf Bräunung und Backverlust aus. Die Wirkung war zwar geringer als bei durchgehend hohe Luftgeschwindigkeit, aber mit einer Zunahme von 8% beim Backverlust und 20% bei der Bräunung immer noch sehr effektiv.

Literatur

- /1/ Kriems, P.; Hermann, Ch.: Neue Erkenntnisse über den Einfluss von Backtemperatur, Turboeffekt und Backluftfeuchte auf Krumen- und Krustenentwicklung von Roggenmischbrot.- Getreide Mehl und Brot 48(1994)
- /2/ Lösche, K.: Frequenzumrichtung.- DBZ 89(2002)14
- /3/ Hermann, Ch.: Backen von Roggenmischbroten mit niedrigen Temperaturen, In: Handbuch Backwaren
- /4/ Bauermann, O.: Satte Schwaden.- Brot und Backwaren 47(1999)