

Overrun als Performanceparameter von Küchenmaschinen: Einfluss des Eischneevolumens auf die Qualität von Biskuitteig

Astrid Klingshirn, Lilla Brugger, Roman Notz und Leon Wittmann

Kurzfassung

Die Volumenzunahme von Eischnee durch Lufteintrag (Overrun) beeinflusst maßgeblich die physikalischen und sensorischen Eigenschaften von Biskuitteig. In dieser Studie werden Küchenmaschinen mit verschiedenen Aufschlagtechniken hinsichtlich ihres Overrun-Potenzials untersucht. Die Ergebnisse zeigen: Ein Overrun zwischen 300 und 350 % führt zu optimaler Aufgehhöhe, weicher Krume und hoher Elastizität. Gleichzeitig treten bei zu hohem Overrun vermehrt sensorische Mängel wie Rissbildung und unregelmäßige Porung auf. Der Overrun erweist sich somit als quantifizierbarer und praxisrelevanter Performanceparameter zur Bewertung von Küchenmaschinen und zur Optimierung der Biskuitqualität im Haushalt.

Schlagworte: Aufschlagvolumen, Eischnee, Biskuitkuchen, Aufgehhöhe, Texturanalyse

Overrun as a Performance Parameter of Food Processors: Influence of Beaten Egg White Volume on the Quality of Sponge Cake Batter

Abstract

The volume increase of egg whites through air incorporation (overrun) significantly influences the physical and sensory properties of sponge cake batter. This study investigates the overrun potential of food processors with different whipping techniques. Results show that an overrun between 300 and 350 % leads to optimal cake height, soft crumb texture, and high elasticity. However, excessive overrun results in sensory defects such as crust cracking and irregular crumb structure. Overrun thus proves to be a quantifiable and practice-relevant performance parameter for evaluating kitchen appliances and optimizing sponge cake quality in home baking.

Keywords: Overrun, egg white foam, sponge cake, cake height, texture analysis

Overrun als Performanceparameter von Küchenmaschinen: Einfluss des Eischneevolumens auf die Qualität von Biskuitteig

Astrid Klingshirn, Lilla Brugger, Roman Notz und Leon Wittmann

Einführung: Relevanz physikalischer Teiglockerung bei der Herstellung feiner Backwaren im Haushalt

Das Backen und der Konsum feiner Backwaren sind fest in der deutschen Haushaltskultur verankert. Für das Jahr 2025 wird der durchschnittliche Pro-Kopf-Verbrauch im Segment Kuchen und sonstiger Backwaren auf etwa 7,17 kg prognostiziert (Statista 2025). Dabei greifen viele Konsumenten nicht ausschließlich auf Fertigprodukte zurück, sondern bereiten regelmäßig selbst Teige zu – zumeist ein- bis dreimal pro Monat (mafowerk 2015, Weiß 2010, Klingshirn et al. 2021).

Wesentliche Qualitätsmerkmale feiner Backwaren sind aus Verbrauchersicht neben Geschmack und Aussehen insbesondere Textur- und Konsistenzparameter, wie Lockerheit, Saftigkeit und ein angenehmer Biss (Guiné et al. 2022). Die Erzeugung luftiger und stabiler Teigstrukturen stellt daher einen zentralen Aspekt in der handwerklichen wie industriellen Backwarenherstellung dar. Dies gilt in besonderem Maße für Biskuitteige, deren Volumen und Struktur ausschließlich durch physikalische Lockerung in Form eingeschlagener Luft entstehen (Wagenstaller 2018).

Die Herstellung von Biskuitteig ist ein technologisch sensibler Prozess, bei dem die spezifische Teigstruktur und das Endvolumen durch zwei Hauptphasen geprägt werden: die Rohteigbereitung und den thermischen Backvorgang. In der Rohteigphase ist insbesondere das Aufschlagen der Eibestandteile – entweder als Ganzes oder getrennt – von entscheidender Bedeutung. Eier fungieren als Hauptstrukturträger im Biskuitteig. Besonders das Aufschlagen von Eiklar zu stabilem Eischnee stellt einen kritischen Prozessschritt dar. Eine stabile, volumenreiche Eischneemasse, die möglichst verlustfrei in die Teigstruktur überführt werden kann, ist erforderlich. Der sogenannte Overrun bezeichnet in diesem Zusammenhang die relative Volumenzunahme von Eischnee durch Lufteinschluss, ausgedrückt in Prozent im Vergleich zum Ausgangsvolumen des ungeschlagenen Eiklars. Er dient als zentraler Indikator für die Schaumaerierung und beeinflusst maßgeblich die Lockerheit und Struktur des fertigen Gebäcks.

Proteine aus Eiklar weisen eine besonders hohe Schaumbildungsfähigkeit und Schaumstabilität auf (Davis & Foegeding 2007). Dies ist auf die rasche Adsorption an der Luft-Wasser-Grenzfläche sowie die Ausbildung viskoelastischer Proteinfilme

zurückzuführen, wodurch sowohl der Overrun als auch die strukturelle Integrität des Schaums verbessert werden. Durch den Einschluss von Luft entsteht eine Proteinschaumstruktur, die maßgeblich zur Textur und zum Gebäckvolumen beiträgt (Lomakina & Mikova 2006, Singh et al. 2019). Während des Backens wird dieser Schaum thermisch fixiert: Die Temperaturerhöhung bewirkt zunächst eine Ausdehnung der eingeschlossenen Luftblasen, während nahezu zeitgleich eine Koagulation der Proteine die Zellwände stabilisiert. Die Qualität dieses Übergangsprozesses wird unter anderem durch Backtemperatur, Art und Richtung des Wärmeeintrags, Feuchteverhältnisse sowie Backdauer beeinflusst (Pernell et al. 2006, Brasse 2020, Cauvain & Young 2009).

Im Fokus der vorliegenden Untersuchung steht die Frage, in welchem Maß der Overrun – als indirekter, aber quantifizierbarer Parameter – die Qualität des Endprodukts beeinflusst. Diese Fragestellung ist im Haushaltskontext von Bedeutung, da das Aufschlagen überwiegend mithilfe elektrischer Küchenmaschinen erfolgt, deren technische Eigenschaften (z. B. Energieeintrag, Rührelement-Geometrie) jedoch im Kontext von üblichen Performanceprüfungen nur eingeschränkt vollumfänglich messtechnisch ermittelt werden können.

Vor diesem Hintergrund wird untersucht, wie der Overrun – als praxisnaher Sekundärparameter – isoliert Struktur, Aufgehhöhe und sensorische Qualität von Biskuitteigen bestimmt, und ob sich der Overrun als standardisierter Zielwert für Performanceanalysen eignet, um unabhängig von konkreten Geräteeigenschaften optimale Ergebnisse zu erzielen. Ziel ist die Ableitung von Best-Practice-Empfehlungen für die Eischneeherstellung, die sich ausschließlich auf den Overrun- und nicht auf gerätespezifische Einstellungen beziehen.

Grundlagen

Biskuitteig: Herstellungsverfahren

Biskuitteig ist ein luftiger, feinporiger Teig, der hauptsächlich aus Eiern, Zucker und Mehl besteht. Die typische schwammartige Konsistenz resultiert aus der Einbindung von Luft in die Ei- und Zucker-Mischung, was für das Volumen und die Lockerheit sorgt. Fett und Backtriebmittel sind je nach Rezept variabel und können die Textur beeinflussen (Miller 2016).

Die Herstellung erfolgt vor allem nach zwei klassischen Methoden, die auch als 1-Kessel-Methode und 2-Kessel-Methode bezeichnet werden:

Bei der 1-Kessel-Methode (auch Ganzeier-Methode, Sponge Cake Method) werden die Eier mit dem Zucker schaumig geschlagen, bis eine luftige Masse entsteht. Anschließend wird das Mehl vorsichtig untergehoben. Das Einschlagen von Luft während des Schlagens bewirkt die Lockerung des Teigs.

Bei der 2-Kessel-Methode (auch Eiklar-/Eigelb-Methode, Separated Egg Methode) wird zunächst das Eiklar steif geschlagen. Das Cremigrühren von Eigelb und Zucker erfolgt separat. Danach wird das steif geschlagene Eiklar untergehoben, im Anschluss das Mehl in die Masse untergehoben. Diese Methode führt zu besonders feinen und luftigen Backergebnissen (Loderbauer 2011).

Relevanz der Zutaten bei der Herstellung von Biskuitteig mit Fokus auf Eiklar und Zucker

Die Qualität und Konsistenz von Biskuitteig hängt maßgeblich von den Rohwaren und deren Prozessierung ab. Insbesondere Eiklar und Zucker spielen eine zentrale Rolle bei der Volumenbildung und Stabilisierung des Teigs.

Die Schaumbildung von Eiklar beruht auf der Fähigkeit seiner globulären Proteine, Luft einzuschließen und an der Luft-Wasser-Grenzfläche zu stabilisieren. Beim mechanischen Aufschlagen denaturieren die Proteine, entfalten sich und lagern sich mit ihren hydrophoben Bereichen an die Luftblasen an, während die hydrophilen Bereiche im wässrigen Medium verbleiben. Dabei entsteht ein viskoelastischer Film, der die Luftblasen stabilisiert und zur Schaumbildung führt (Lomakina & Mikova 2006).

Die Schaumqualität wird bestimmt durch den Overrun und die Schaumstabilität (Beständigkeit gegen Zerfall). Beide Eigenschaften werden durch folgende Faktoren beeinflusst:

- **Aufschlagzeit:** Die Dauer des mechanischen Einwirkens hat einen entscheidenden Einfluss auf Volumen, Stabilität und Textur von Eischnee. Zu Beginn ist der Schaum instabil mit geringer Viskosität und großen Poren. Mit zunehmender Aufschlagdauer bildet sich ein feinporiges, stabiles Schaumsystem, das sich gut weiterverarbeiten lässt. Wird zu lange aufgeschlagen, verliert das Proteinnetzwerk seine Elastizität – der Schaum wird trocken, grobporig und instabil. In der Praxis gilt eine mittlere Aufschlagzeit – abhängig von Temperatur und Volumen – als günstig für die Erzeugung stabiler, feinporiger Schäume (Lomakina & Mikova 2006).
- **Mechanische Intensität und Geometrie:** Weitere mechanische Faktoren wie die Schnittgeschwindigkeit – also die Umfangsgeschwindigkeit des Rührelements – sowie die Bewegungsturbulenz beeinflussen die Energieeinbringung und Luftverteilung im Medium. Diese Parameter hängen von der Geometrie des Rührelements, der Drehzahl sowie der Form und Größe des Rührgefäßes ab. Wie Foegeding et al. (2006) zeigen, kann eine zu intensive mechanische Einwirkung zu einer Überstrukturierung des Proteinnetzwerks führen, wodurch die Elastizität des Schaums abnimmt und die Kollapsneigung beim weiteren Verarbeiten steigt.

- Temperatur: Zimmertemperiertes Eiklar ($\sim 20^\circ\text{C}$) zeigt in der Praxis eine höhere Schaumfähigkeit und -stabilität als gekühltes, was auf eine geringere Viskosität und eine effizientere Grenzflächenadsorption der Proteine zurückgeführt wird (Mine 1995, Lomakina & Mikova 2006).
- pH-Wert: Ein pH-Wert nahe dem isoelektrischen Punkt der Eiklarproteine (pH 4–5) begünstigt eine kompakte Proteinadsorption und verbessert die Schaumstabilität (Davis & Foegeding 2007).
- Proteinkonzentration: Eine höhere Proteinkonzentration erhöht die Viskosität und Stabilität, kann aber die Luftaufnahme hemmen (Lomakina & Mikova 2006).
- Fett und Eigelb: Bereits geringe Mengen führen zu einem drastischen Verlust der Schaumfähigkeit durch Störung der Proteinanlagerung an der Grenzfläche (Damodaran 1997a, Foegeding & Davis 2011).

Neben den prozessbedingten Einflussfaktoren und dem pH-Wert spielt auch die Qualität der eingesetzten Rohware eine zentrale Rolle. Die funktionellen Eigenschaften von Eiklar werden maßgeblich durch Alter und Fütterung der Legehennen, das Alter der Eier, deren Lagerbedingungen sowie die Art der Verarbeitung beeinflusst. Frischei zeigt in der Regel eine höhere Schaumaktivität als pasteurisiertes oder länger gelagertes Eiklar, da thermische oder mechanische Vorbehandlungen die Proteinstruktur verändern und die Grenzflächenadsorption beeinträchtigen können (Kiosseoglou & Paraskevopoulou 2005, Mine 1995, Van der Plancken et al. 2007).

Im Weiteren ist die mögliche Zuckerzugabe während des Aufschlagens relevant: Für die Bildung von Eischnee ist Zucker nicht erforderlich, da die Proteinfractionen des Eiklars die Schaumbildung maßgeblich steuern. Zucker verzögert die Schaumbildung und reduziert das Schaumvolumen, verbessert jedoch die Stabilität durch Erhöhung der Viskosität und Ausbildung eines thermisch stabilen Gerüsts beim Erhitzen (Damodaran 1997b, James & Kentish 2007). Sowohl die Menge des zugesetzten Zuckers als auch der Zeitpunkt der Zugabe beeinflussen die Schaumbildung, den Overrun und die Stabilität des Eischnees maßgeblich (Tab. 1).

Wird kein Zucker oder Zucker erst sehr spät während des Aufschlagens zugegeben, kann das Eiklar zunächst eine maximale Luftaufnahme erreichen und ein großes Volumen erzielen. Allerdings ist die Stabilität des Schaums in diesem Fall gering: Er entwässert schneller, da die Viskosität der flüssigen Phase nicht erhöht wird. Wird Zucker hingegen von Anfang an oder bereits frühzeitig zugegeben, verzögert sich die Schaumbildung deutlich. Zucker bindet Wasser und erhöht die Viskosität der Lösung, wodurch die Mobilität der Proteine an der Luft-Wasser-Grenzfläche eingeschränkt wird. Dies führt zu einer verlangsamten Luftaufnahme und einem geringeren Overrun (Raikos et al. 2007).

Bei längerer Rührzeit kann sich jedoch ein stabileres Netzwerk ausbilden, das die Entwässerung des Schaums reduziert und dessen strukturelle Integrität verbessert. Die am häufigsten empfohlene Methode – insbesondere bei der Herstellung von Biskuitteig – ist daher die Zuckerzugabe nach der Ausbildung von weichen bis mittelweichen Spitzen. Wodurch der Schaum einen hohen Overrun erreicht, während der Zucker anschließend die Stabilität verbessert, indem er die Viskosität erhöht und thermisch stabile Gerüste beim Backen unterstützt (Raikos et al. 2007, Foegeding et al. 2006). Diese Faktoren sind entscheidend für die Funktionalität von Eischnee in Biskuitteigen, da der Einschluss und die Stabilisierung von Luft während des Backens maßgeblich das Volumen und die Textur des Endprodukts bestimmen.

Tab. 1: Einfluss des Zeitpunkts der Zuckerzugabe und des Mengenverhältnisses auf die Eigenschaften von Eischnee (nach Lodenbauer 2011, Raikos et al. 2007)

Zeitpunkt der Zuckerzugabe	Ergebnis / Eigenschaften des Eischnees
Vor dem Aufschlagen	• stabiler, cremiger und feinporiger Eischnee • kleine Poren • gut weiterverarbeitbar
Während des Aufschlagens (nach der Hälfte der Zeit)	• stabiler, sehr lockerer Eischnee • große Poren • gut weiterverarbeitbar
Kurz vor dem Ende des Aufschlagprozesses	• flockiger Eischnee mit rauer Oberfläche großporig • instabil • schlecht vermischbar
Verhältnis Eiklar - Zucker	Ergebnis / Eigenschaften des Eischnees
100 % Eiklar, kein Zucker	• größtes Volumen • große Poren, sehr instabil
65 % Eiklar, 35 % Zucker	• mittleres Volumen • stabiler Schaum, feinporig
50 % Eiklar, 50 % Zucker	• kleines Volumen • stabiler Schaum mit feiner Porung
35 % Eiklar, 65 % Zucker	• kleines Volumen • schlechter Stand, schmieriger Eischnee

Material und Methodik

Rezeptur und Herstellungsprozess

Zur Untersuchung des Einflusses des Overruns auf Struktur, Aufgehhöhe und sensorische Qualität von Biskuitteigen kommen drei Küchenmaschinen mit unterschiedlichen Aufschlagtechnologien zum Einsatz: Eine Küchenmaschine mit Ballonschneebesen (Gerät A), eine multifunktionale Küchenmaschine mit Schmetterlingsaufsatz (Gerät B) sowie ein Handrührgerät mit Rührbesen (Gerät C).

Für jede Küchenmaschine werden drei spezifische Aufschlagzeiten definiert, die eine verkürzte, eine mittlere und eine verlängerte Aufschlagphase abbilden. Die mittlere Zeit entspricht jeweils den Herstellerempfehlungen. Die Rührgeschwindigkeit (Setting- bzw. Drehzahlstufe) wird gemäß Bedienungsanleitung festgelegt und bleibt während der gesamten Versuchsdurchführung konstant. Die Geräteeinstellungen werden in Vorversuchen validiert und ausschließlich im Rahmen der Zielsetzung angepasst, drei definierte Overrun-Stufen je Gerät zu erzeugen. Aus der Kombination von Gerätetyp und Aufschlagzeit entstehen somit pro Maschine drei Eischneeprobe mit unterschiedlichem Overrun-Niveau. Diese werden in die Kategorien niedriger Overrun (low = L), mittlerer Overrun (mid = M) und hoher Overrun (high = H) eingeteilt (vgl. Tab. 2). Als Referenzprobe dient unaufgeschlagenes Eiklar mit einem Overrun von 0.

Eine messtechnische Erfassung der tatsächlich eingebrachten mechanischen Energie erfolgt nicht. Ziel der Untersuchung ist es, praxisnahe Bedingungen haushaltsüblicher Geräteeinstellungen abzubilden und die funktionelle Wirkung der Energieeinbringung indirekt über den Overrun und die Produktqualität zu bewerten.

Tab. 2: Überblick über eingesetzte Küchenmaschinen und Settingparameter

Küchenmaschine	Rührelement	Overrun (OR)/ Zeit / Drehzahlstufe
Gerät A Küchenmaschine	Ballonschneebesen (Edelstahl) /	OR-L: 2 min / hohe Drehzahl OR-M: 4 min 30 s / hohe Drehzahl OR-H: 7 min / hohe Drehzahl
Gerät B Küchenmaschine	Schmetterlingsaufsatz (Kunststoff)	OR-L: 1 min 30 s / mittlere Drehzahl OR-M: 4 min / mittlere Drehzahl OR-H: 6 min 30s / mittlere Drehzahl
Gerät C Handrührgerät	Zwei Rührbesen (Edelstahl)	OR-L: 1 min / höchste Drehzahl OR-M: 2 min 30 s / höchste Drehzahl OR-H: 4 min / höchste Drehzahl

Die Teigherstellung folgt in der Rezeptur (Tab. 3) und dem Verfahren dem nach Lodenbauer (2011) definierten Zweikesselverfahren (Abb. 1), wobei das Eiklar mit der Hälfte der Zuckermenge, die zu Beginn des Aufschlagens hinzugegeben wird, aufgeschlagen wird. Alle eingesetzten Rohwaren stammen aus derselben Charge, unterliegen den gleichen Lagerbedingungen und werden am selben Tag verarbeitet. Die Eier werden vorab aufgeschlagen und getrennt, wobei Eiklar und Eigelb jeweils vorsichtig homogenisiert werden, um eine einheitliche Ausgangsbasis zu gewährleisten. Erst danach erfolgt die grammgenaue Einzelabmusterung für die jeweiligen Versuchsansätze.

Die restlichen Zutaten werden mit einer weiteren Küchenmaschine (Maschine D) mit Ballonschneebesen verarbeitet. Zunächst wird das Eigelb mit dem restlichen Zucker für drei Minuten schaumig aufgeschlagen. Anschließend erfolgt das manuelle Unterheben des zuvor aufgeschlagenen Eischnees. Der Melierprozess wird standardisiert durchgeführt: Die Eischneemasse wird in drei gleich großen Portionen mit einem Silikonteigschaber unter die Eigelb-Zucker-Mischung gehoben. Dabei werden kreisende Bewegungen von unten nach oben ausgeführt, um Luftverluste zu minimieren. Die Bewegungsrichtung und Reihenfolge werden in Vorversuchen festgelegt und bei allen Proben konstant gehalten. Das Melieren des Eischnees erfolgt in fünf Wiederholungen. Nach vollständiger Integration des Eischnees wird das Mehl hinzugegeben und ebenfalls manuell untergehoben. Das Melieren des Mehls erfolgt in zwanzig Wiederholungen mit gleicher Technik. Alle Zutaten weisen Raumtemperatur auf ($21\text{ °C} \pm 1\text{ K}$). Direkt nach der Fertigstellung erfolgt der Transfer der Biskuitmasse mittels Silikonteigschaber in eine mit Backpapier ausgelegte runde Aluminiumspringform ($\varnothing 24,5\text{ cm}$), und das Ausbacken im vorgeheizten Backofen (Siemens, HB34GBS1) auf mittlerer Ebene bei 180 °C Ober-/Unterhitze für 24 Minuten. Nach der Entnahme aus dem Backofen erfolgt das Abkühlen des Biskuitkuchens in der Springform bei Raumtemperatur ($21\text{ °C} \pm 1\text{ K}$). Der Herstellungsprozess erfolgt je Aufschlaggeometrie und Aufschlagzeit im Zweifachansatz, dargestellt werden stets die Mittelwerte der beiden Messungen.

Tab. 3: Rezeptur Biskuitteig

Zutaten	Menge je Biskuit
Frischei, Freilandhaltung	147 g Eiklar 73 g Eigelb
Zucker, feine Körnung	120 g (wobei 60 g Zugabe zu Eiklar, 60 g Zugabe zu Eigelb)
Weizenmehl Typ 405	120 g
Tafelsalz, feinkörnig	0,5 g

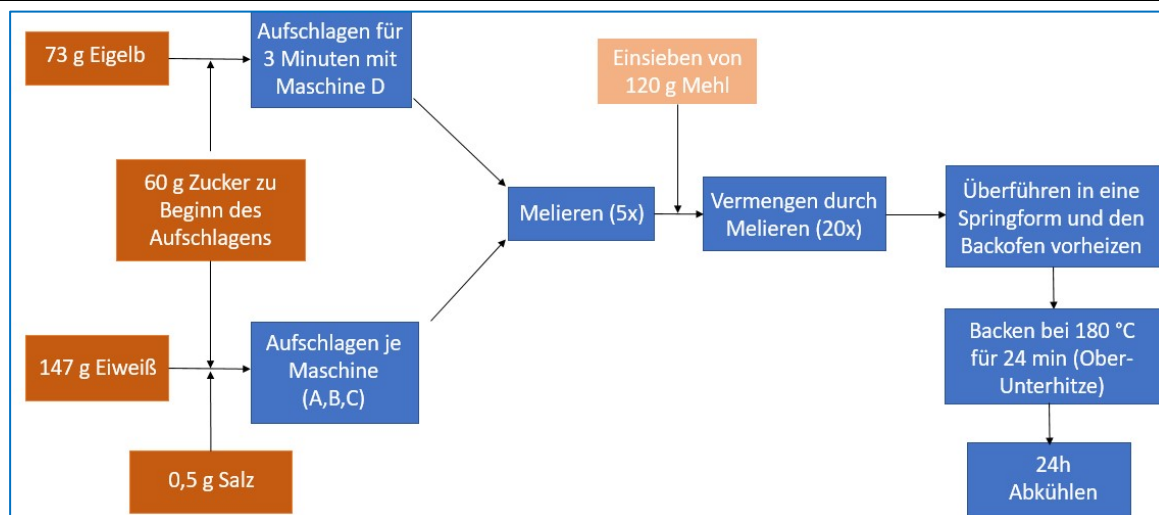


Abb. 1: Schematischer Herstellungsprozess des Biskuitkuchens

Analyseparameter

Die Analyseparameter umfassen bei der Zubereitung des Teigs die Analyse des OVERRUNS des Eischnees sowie des Rohteigs. Unmittelbar nach dem Backen erfolgt die Analyse der Aufgehhöhe; nach 24 h erfolgt eine weitere Analyse der Aufgehhöhe sowie eine Analyse der Krumentextur und eine sensorische Profilierung mit Fokus auf Porung, Elastizität und Krustenparameter.

Zur Ermittlung des OVERRUNS des Eischnees wird eine Petrischale mit einem definierten Volumen von 75 ml verwendet. Die Methode basiert auf der Annahme, dass die Dichte von ungeschlagenem Eiklar derjenigen von Wasser entspricht (ca. 1,0 g/ml). Dadurch kann die Masse in Gramm direkt dem Volumen in Millilitern gleichgesetzt werden. Für die Analyse wird die Petrischale vollständig und möglichst blasenfrei mit aufgeschlagenem Eiklar befüllt. Die eingefüllte Masse wird anschließend durch Wägung bestimmt. Da das Volumen der Petrischale bekannt ist, lässt sich daraus die Dichte des aufgeschlagenen Eischnees berechnen:

$$\rho_{\text{aufgeschlagen}} = \frac{\text{Masse (g)}}{75 \text{ ml}}$$

Der OVERRUN ergibt sich aus dem Vergleich dieser gemessenen Dichte mit der angenommenen Dichte des ungeschlagenen Eiklars:

$$\text{OVERRUN (\%)} = \left(\frac{1,0 - \rho_{\text{aufgeschlagen}}}{\rho_{\text{aufgeschlagen}}} \right) \cdot 100\%$$

Diese Berechnung liefert den prozentualen Volumenzuwachs durch Lufteinschluss im Vergleich zum ursprünglichen Volumen des ungeschlagenen Eiklars.

Zur Analyse der Volumenzunahme der Rohteige nach dem Unterheben des ungeschlagenen Eiklars bzw. der verschiedenen Eischneevarianten wird ein Dichtebecher (Density Cup) mit einem kalibrierten Volumen von 50 ml verwendet. Der Becher wird vollständig und blasenfrei mit den jeweiligen Teigproben befüllt. Die eingefüllte Masse wird durch Differenzwägung bestimmt. Da die Dichte des Dichtebechers für Wasser kalibriert ist (1 g/ml), entspricht die Differenz zwischen dem bekannten Volumen (50 ml) und der gemessenen Teigmasse dem Volumenanteil, der durch Lufteinschluss ersetzt wird. Die des Overruns wird dabei nicht als absolute Dichte, sondern als standardisierte Volumenveränderung im Verhältnis zur Masse des jeweiligen Teigs berechnet:

$$\text{Relative Volumenzunahme} = \left(\frac{50 \text{ ml} - m_{\text{Teig}}}{m_{\text{Teig}}} \right)$$

Diese vereinfachte Berechnung erlaubt eine vergleichende Bewertung der Volumenzunahme durch Lufteintrag bei verschiedenen Rezepturvarianten, ohne dass die Dichte des Ausgangsteigs separat bestimmt werden muss. Die Methode liefert somit eine praxisnahe und reproduzierbare Abschätzung des Overruns unter den gegebenen Versuchsbedingungen.

Die Ermittlung der Aufgehhöhe des Biskuitkuchens erfolgt an insgesamt drei definierten Messstellen. Diese befinden sich auf einer geraden Linie, die quer durch den Mittelpunkt des gebackenen Kuchens verläuft. Messstelle 2 liegt exakt im Zentrum des Kuchens (geometrischer Mittelpunkt), während Messstellen 1 und 3 jeweils in einem Abstand von 5 cm vom äußeren Kuchenrand auf gegenüberliegenden Seiten der Linie positioniert sind. Die Höhenmessung erfolgt unmittelbar nach dem Backvorgang sowie erneut nach einer Ruhezeit von 24 h, um potenzielle Setzprozesse des Gebäcks zu erfassen. Für die quantitative Auswertung wird der Mittelwert der drei Messstellen herangezogen. Eine differenzierte Betrachtung der Randbereiche wird aufgrund der Ergebnisse aus dem Versuchsverlauf nicht weiterverfolgt, da sich keine deutlichen Abweichungen oder strukturellen Besonderheiten in den Randzonen des Biskuitkuchens festzustellen sind.

Die Analyse der Krumenfestigkeit erfolgt instrumentell mit einem Texture Analyzer (TA.XTplus, Stable Micro Systems, UK) zur quantitativen Bestimmung der Texturparameter. Je Rezeptur werden fünf Messungen durchgeführt. Die Analyse basiert auf einer Kompressionsprüfung gemäß AACC-Methode 74-09.01 (AACC International 2000). Dabei wird die maximale Kraft ermittelt, die bei einer Kompression von 40 % erforderlich ist. Als Probenmaterial dienen Biskuitwürfel mit 2 cm Kantenlänge, die aus der Mitte des ausgebackenen Biskuits entnommen werden. Kruste und Boden werden dabei entfernt. Die Versuchsparameter sind in Tab. 4 hinterlegt.

Tab. 4: Messparameter und Prüfgeometrien der Texturanalyse

Messparameter und Prüfgeometrien	Spezifikation
Messstempel	P/36R
Messzelle	30 kg
Vortest-Geschwindigkeit	1,0 mm/s
Testgeschwindigkeit	1,7 mm/s
Rücklaufgeschwindigkeit	10,0 mm/s
Eindringtiefe	40 % (entspricht 10,0 mm)
Auslösekraft	5 g (0,049 N)

Die sensorische Analyse der Biskuitkrume erfolgt als Konsensprofilprüfung gemäß DIN EN ISO 13299:2016. Bewertet werden die Attribute Rissbildung und Unebenheiten der Kruste, Porung der Krume sowie die Elastizität. Die Bewertung erfolgt visuell und taktil durch ein geschultes Panel anhand einer fünfstufigen Skala, wobei 1 für eine sehr gute Ausprägung des gewünschten Qualitätsmerkmals steht und 5 für eine deutlich abweichende oder unerwünschte Ausprägung (vgl. Tab. 5).

Die Porung wird visuell beurteilt; eine gleichmäßige, feinporige Struktur gilt als optimal. Abweichungen wie unregelmäßige Porengrößen oder grobe Porung führen zu einer Abwertung. Die Elastizität der Krume wird durch einen standardisierten manuellen Drucktest erfasst. Dabei wird die Krume mit dem Finger leicht eingedrückt und die Rückstellfähigkeit visuell beurteilt. Bewertet wird, in welchem Maß die Krume in ihre ursprüngliche Form zurückkehrt. Die Rückstellung wird auf der Skala von „sehr hohe Rückstellfähigkeit“ bis „kaum Rückstellung“ eingeordnet (Tab. 5).

Tab. 5: Bewertungskriterien der sensorischen Prüfung des Biskuitkuchens

Sensorische Bewertung	1	2	3	4	5
Risse Kruste					
Unebenheiten Kruste					

Porung Krume					
Elastizitätstest	Sehr hohe Rückstellfähigkeit Krume kehrt nach Druckbelastung nahezu vollständig in Ausgangsform zurück.	Hohe Rückstellfähigkeit Krume kehrt zu etwa drei Vierteln in Ausgangsform zurück.	Mittlere Rückstellfähigkeit Krume kehrt etwa zur Hälfte in Ausgangsform zurück.	Geringe Rückstellfähigkeit Krume kehrt zu einem Viertel in Ausgangsform zurück.	Sehr geringe Rückstellfähigkeit Krume zeigt kaum Rückstellung.

Eine zunehmende Anzahl an Rissen und Unebenheiten in der Kruste führt zu einer Abwertung. Bei der Porung der Krume gilt eine ungleichmäßige Porenverteilung oder stark variierende Porengröße als Abweichung von der angestrebten Strukturqualität.

Zur Prüfung der Elastizität wird der Biskuit manuell von oben um 2 cm eingedrückt. Anschließend wird die Rückkehr in die ursprüngliche Form visuell beurteilt und hinsichtlich ihrer Nähe zur gewünschten Elastizität bewertet.

Ergebnisse

Auswirkungen von Aufschlagtechnologie und -dauer auf Overrun und Teigvolumen bei der Eischneeherstellung

Der Overrun des Eischnees steigt bei allen untersuchten Küchenmaschinen mit zunehmender Aufschlagdauer an (Abb. 2). Gerät B erzielt im Mittel deutlich geringere Overrun-Werte (ca. 160 %) als Gerät A und C. Mit steigendem Overrun nimmt auch das Volumen des hergestellten Teigs zu. Bei Gerät C verläuft dieser Anstieg nahezu linear, während er bei den Geräten A und B mit höheren Overrun-Werten abflacht.

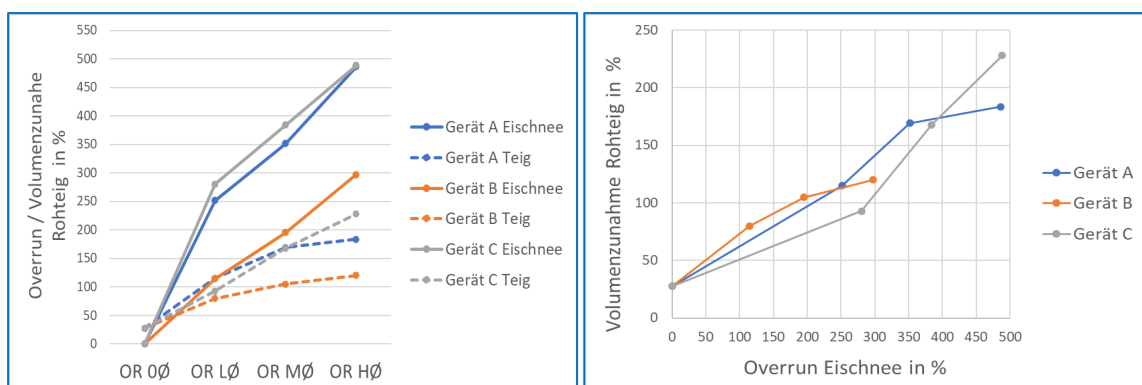


Abb. 2: Overrun Eischnee und Volumenzunahme Rohteig (links) und Gegenüberstellung Overrun Eischnee zu Volumenzunahme Rohteig (rechts)

Einfluss des Overruns von Eischnee auf die Aufgehhöhe von Biskuitkuchen

Die Aufgehhöhe des Biskuitkuchens nimmt mit steigendem Overrun zu und erreicht bei etwa 350 % ihren höchsten Wert (Abb. 3). Oberhalb dieses Bereichs bleibt die Aufgehhöhe nahezu konstant. Nach 24 h Lagerung zeigt sich bei Gerät A und C eine Höhenabnahme von etwa 15 %, während Gerät B im niedrigen bis mittleren Overrun-Bereich nur etwa 5 % an Höhe verliert.

Besonders auffällig ist der Vergleich mit der Variante ohne Eischneeaufschlag: Hier liegen die Aufgehhöhen durchweg unter denen der aufgeschlagenen Proben. Der Unterschied beträgt etwa 0,5 cm bei niedrigem Overrun (150-200 %) und erreicht bis zu 1,5 cm bei hohem Overrun (350-400 %).

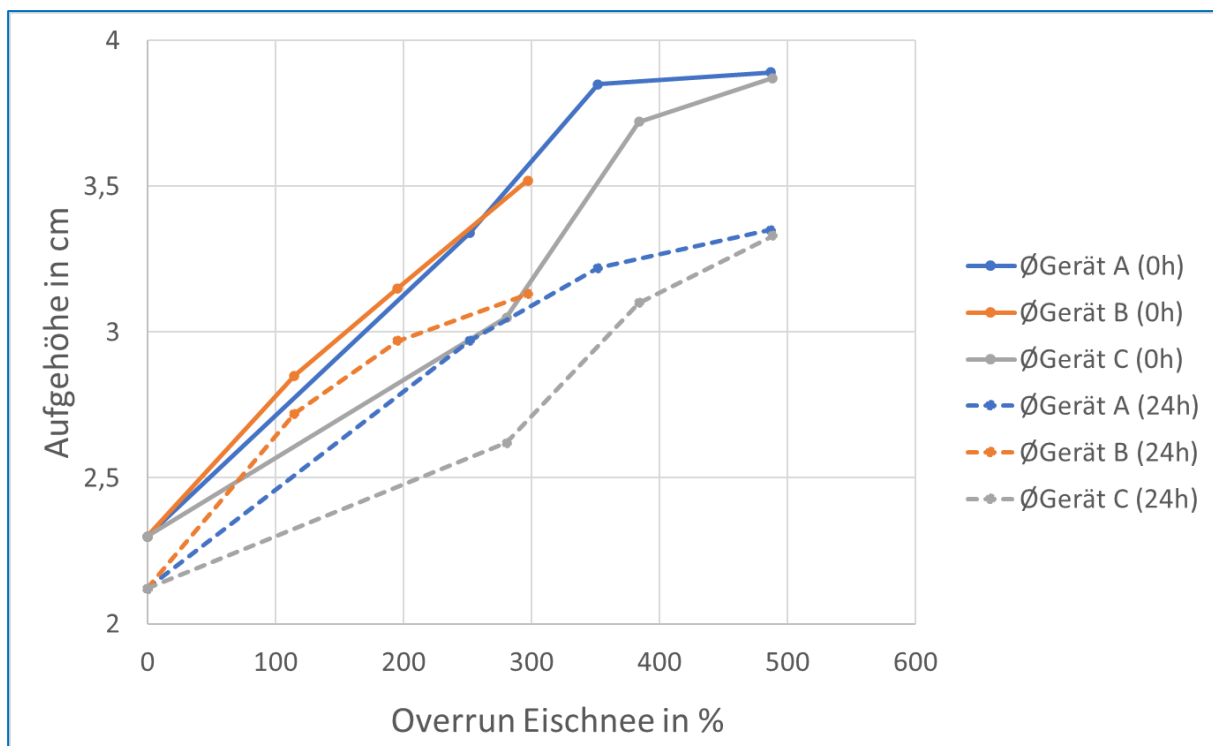


Abb. 3: Aufgehhöhen des Biskuitkuchens direkt nach dem Backen (0h) und nach 24 h in Abhängigkeit des Overruns des Eischnees

Einfluss des Overruns auf die Textur der Biskuitkrume

Die Messergebnisse zeigen eine deutliche Abhängigkeit der Krumenfestigkeit vom Overrun: Mit zunehmendem Overrun verringert sich die Festigkeit der Krume bei allen drei Geräten kontinuierlich (Abb. 4). Dieser Trend setzt sich bis zu einem Overrun von etwa 350 % fort, wo sich ein Plateau einstellt. Die geringste Krumenfestigkeit wird im Bereich von 350-400 % Overrun erreicht, wobei die absoluten Werte zwischen 1,2 N und 1,5 N liegen.

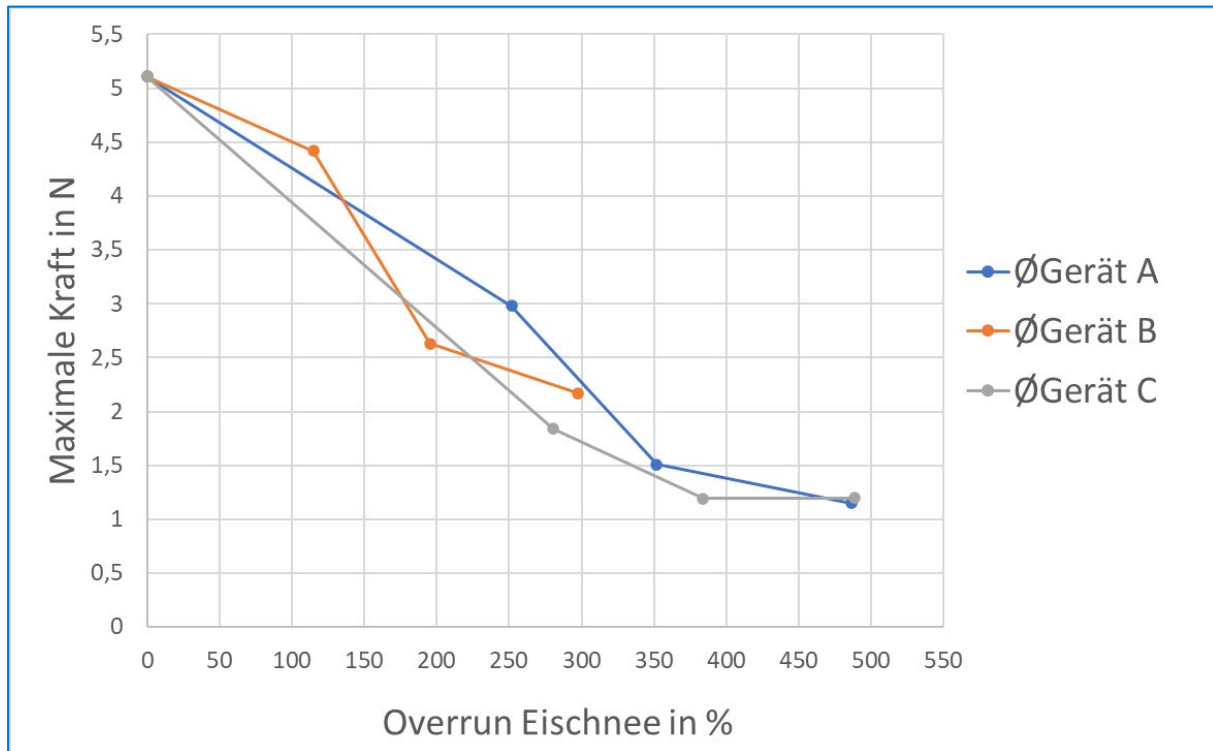


Abb. 4: Maximale Krumenfestigkeit in Abhängigkeit des Overruns

Einfluss des Overruns auf sensorisch relevante Qualitätsmerkmale von Biskuitkuchen

Da die Akzeptanz von Biskuitkuchen im Wesentlichen von sensorischen Eigenschaften wie Krustenbild und Krumenfestigkeit abhängt, kommt der sensorischen Analyse (Abb. 5) eine zentrale Bedeutung zu: Rückschlüsse auf die Produktqualität aus Sicht der Verbraucher und damit praxisrelevante Wahrnehmungskriterien können ermittelt werden.

Die Rissbildung der Kruste nimmt mit steigendem Overrun zu (Abb. 5A). Gerät B weist bereits bei niedrigem Overrun eine hohe Rissanzahl auf. Unebenheiten der Kruste zeigen einen ähnlichen Trend (Abb. 5B). Das Krumenbild wird bei höherem Overrun gröber und unregelmäßiger (Abb. 5C, Abb. 6). Gerät B zeigt bereits bei niedrigem Overrun eine unregelmäßige Porung. Die Krumenelastizität steigt mit dem Overrun an und erreicht zwischen 300 % und 350 % ein Plateau.

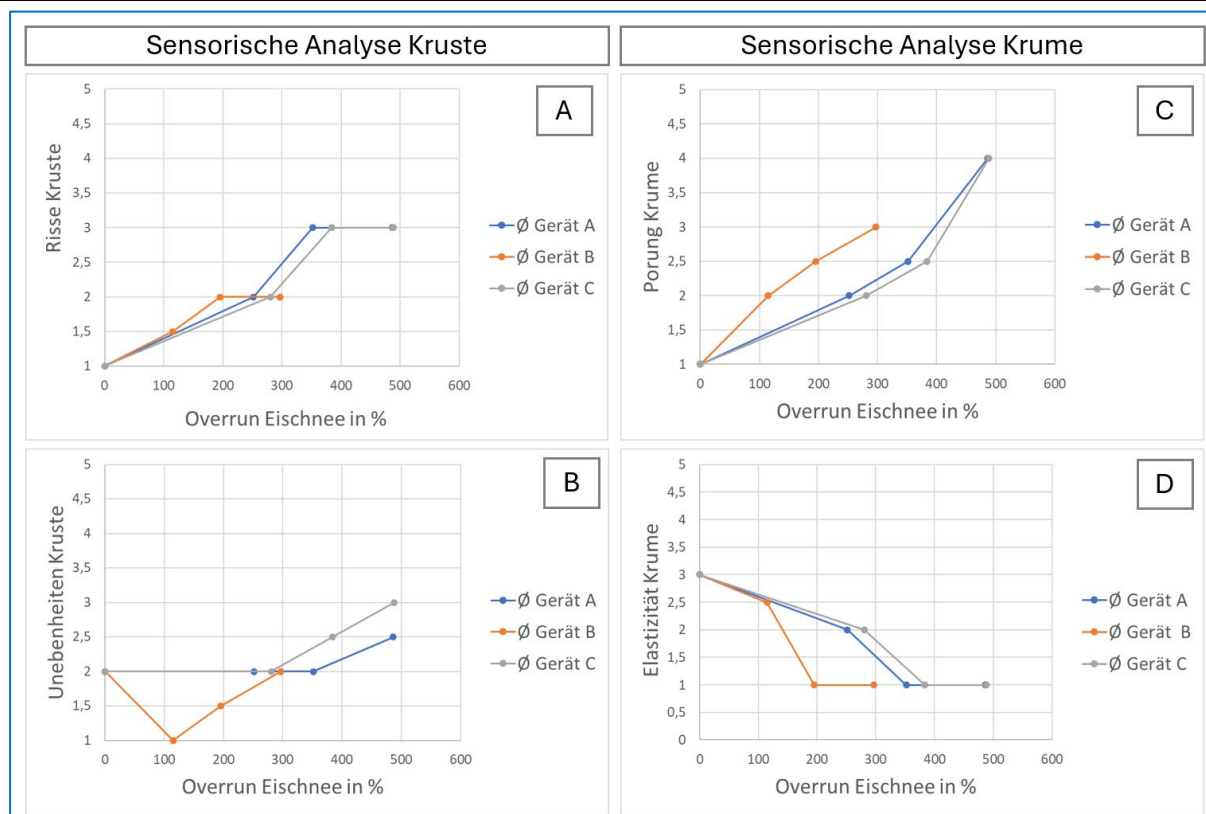


Abb. 5: Sensorische Analyse der Krume und Kruste des Biskuitkuchens abhängig vom Overrun

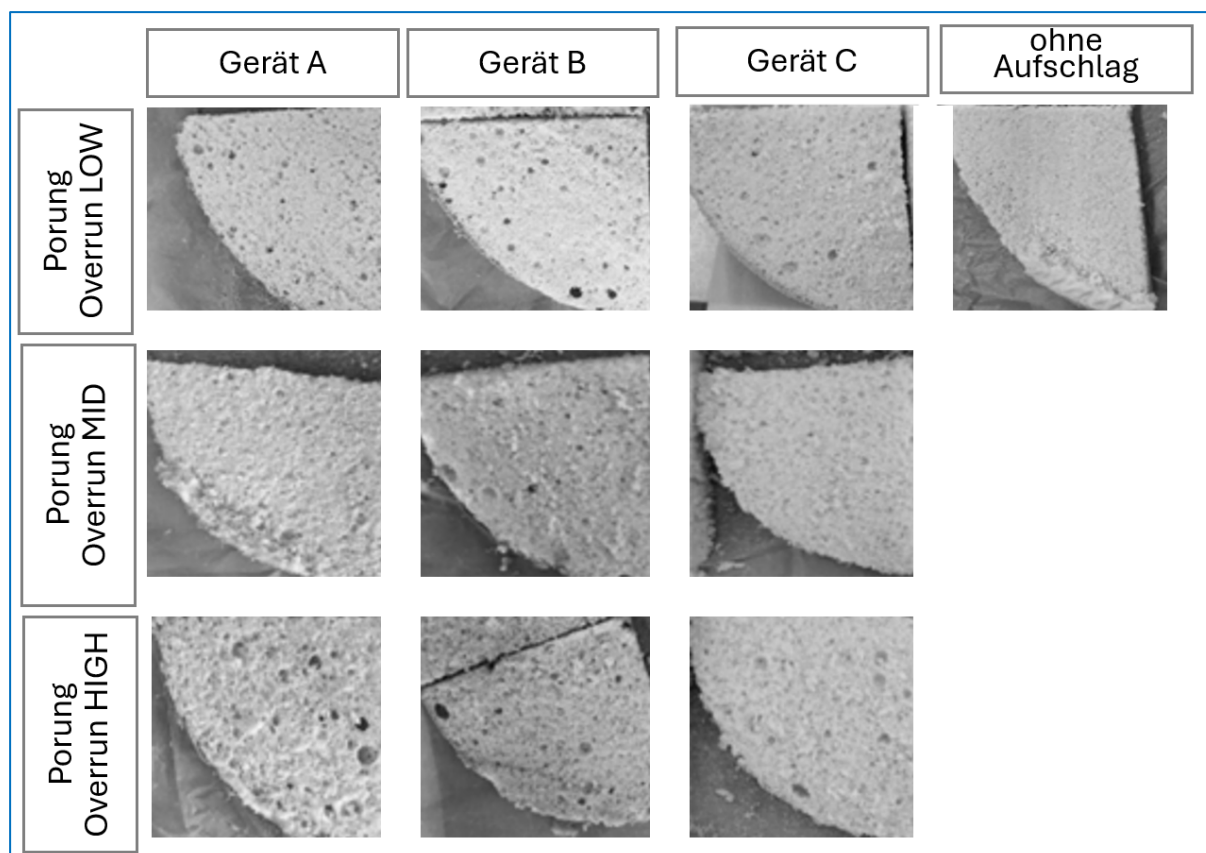


Abb. 6: Detailbetrachtung des Porenbilds der Krume je Gerät und Overrun

Diskussion

Einfluss des OVERRUNS auf Volumen und Struktur

Die Ergebnisse zeigen einen klaren Zusammenhang zwischen dem Overrun des Eischnees und der Volumenentwicklung des Rohteigs sowie der Aufgehhöhe des gebackenen Biskuits. Ein Overrun im Bereich von 300–350 % führt zu einer optimalen Lockerung, während höhere Werte keinen weiteren Volumenzuwachs bewirken und stattdessen strukturelle Instabilitäten begünstigen. Dieses Verhalten entspricht den Erkenntnissen proteinbasierter Schaumsysteme, bei denen ein Übermaß an Lufteinschluss die mechanische Integrität gefährdet (Campbell & Mougeot 1999, Foegeding et al. 2006). Dies zeigt sich unabhängig vom vorliegenden Rührwerkzeug. Gerät B zeigt jedoch bereits bei niedrigerem Overrun stabilere Luftzellintegration (Abb. 2), vermutlich bedingt durch die Aufschlagsgeometrie.

Die sehr niedrigen Aufgehhöhen bei unaufgeschlagenem Eiklar unterstreichen die grundlegende Bedeutung des OVERRUNS als Triebkraft für Volumenentwicklung und Texturbildung. Ein gezielt eingestellter Overrun im optimalen Bereich ermöglicht die Erzeugung stabiler, gleichmäßig gelockerter Strukturen mit hoher Produktqualität (Foegeding et al. 2006).

Die beobachtete Volumenreduktion nach 24 h Lagerung ist auf Reorganisationsprozesse und das Absacken instabiler Gaszellen zurückzuführen. Gerät B zeigt in diesem Kontext eine geringere Volumenabnahme, was auf eine differenzierte Luftzellintegration durch die spezifische Geometrie des Schmetterlingsaufsatzes hindeuten könnte (Mine 1995).

Texturveränderungen und sensorische Auswirkungen

Die Abnahme der Krumenfestigkeit geht mit einer Zunahme der Elastizität einher, was auf die Ausbildung einer feineren und stabileren Porenstruktur im Overrun-Bereich von 300–350 % hindeutet. Wie in vergleichbaren Studien zur Schaumstabilität (Sahi & Alava 2003) beobachtet, treten Sättigungseffekte ein bei dem zusätzlicher Lufteinschluss keine weitere Verbesserung der Texturparameter bewirkt. Im optimalen Overrun-Bereich zeigt sich: eine gleichmäßige Porungsverteilung (Abb. 6), minimale Rissbildung der Kruste (Abb. 5A) und hohe elastische Rückstellung (Abb. 5D). Abweichungen vom Optimalbereich führen zu: grober, unregelmäßiger Porung (>350 % Overrun), kompakter Struktur (<250 % Overrun) und erhöhter Rissneigung, wie auch von Schreiber & Luck (2020) beschrieben.

Methodische Limitationen und Implikationen für die Gerätebewertung

Die Studie konzentriert sich bewusst auf den Overrun als primären Bewertungsparameter, da dieser als einfach messbare Größe eine standardisierte Bewertung von Küchenmaschinen ermöglicht, direkt mit produktrelevanten Qualitätsmerkmalen (Aufgehhöhe, Krumenstruktur) korreliert und unabhängig von gerätespezifischen Technologien vergleichbare Ergebnisse liefert. Diese Methodik bildet damit die Nutzungssituation durch Verbraucher ab, stellt jedoch einen indirekten Indikator dar. Ein zentrales methodisches Limit liegt damit in der nicht erfolgten Quantifizierung der mechanischen Energieeinbringung. Dies schränkt die Aussagekraft ein. Zukünftige Studien sollten die Energieeinbringung über physikalische Messgrößen wie Drehmoment, Stromaufnahme oder Energieverbrauch erfassen, um gerätespezifische Einflüsse differenzierter bewerten zu können.

Overrun als produktspezifischer Qualitätsindikator für Biskuitteige: Eine praxisorientierte Bewertung haushaltsüblicher Küchenmaschinen

Die vorliegende Studie validiert den Overrun als produktspezifischen Qualitätsindikator für die Herstellung von Biskuitteigen mit haushaltsüblichen Küchenmaschinen. Die systematische Untersuchung zeigt, dass ein Overrun-Bereich von 300-350 % optimale Produkteigenschaften gewährleistet: maximale Aufgehhöhe, gleichmäßige Porung sowie sensorisch hochwertige Texturmerkmale. Dieser Zielbereich erweist sich dabei als robust gegenüber gerätetypischen Variationen. Jenseits dieses Optimalbereichs dokumentieren die Ergebnisse charakteristische Qualitätseinbußen: Unterhalb von 250 % Overrun entstehen kompakte, unzureichend gelockerte Strukturen, während Werte über 350 % zu destabilisierten Teigsystemen führen. Letztere äußern sich in grobporiger Krume und erhöhter Rissbildung der Kruste. Diese Befunde stehen im Einklang mit grundlegenden Arbeiten zur Schaumstabilität proteinbasierter Systeme (Sahi & Alava 2003; Schreiber & Luck 2020).

Für die praktische Anwendung ergeben sich folgende zentrale Erkenntnisse, die insbesondere für standardisierte Geräteprüfungen relevant, da sie eine objektive Bewertung unabhängig von spezifischen Aufschlagtechnologien ermöglichen: Der Overrun stellt eine produktspezifische, geräteunabhängige Zielgröße dar, deren Bestimmung mittels Dichtemessung im Laborkontext praktikabel ist. Die ermittelte Optimalspanne (300-350 %) bietet eine verlässliche Orientierung zur Prozesssteuerung.

Literaturverzeichnis

- AACC International. (2000). Method 74-09.01. Measurement of bread firmness by universal testing machine. In: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists (10th ed.). St. Paul, MN: AACC International.
- Brasse D (2020): Backwarenherstellung: Technologie der Süß- und Feinen Backwaren. 3. Aufl., Behr's Verlag, Hamburg.
- Campbell GM, Mougeot E (1999): Creation and characterization of aerated food products. Trends Food Sci Technol.10(9): 283–296. doi: 10.1016/S0924-2244(99)00046-0
- Cauvain S, Young L (2009): The ICC Handbook of Cereals, Flour, Dough & Product Testing: Methods and Applications. Woodhead Publishing, Cambridge.
- Damodaran S (1997a): Food proteins and their applications. In: S. Damodaran & A. Paraf (Eds.), Foams and aerated systems in food technology. Marcel Dekker.
- Damodaran S (1997b): Effects of sugar on protein functionality in foams and gels. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 37(6): 501–507.
- Davis JP, Foegeding EA (2007): Comparisons of the foaming and interfacial properties of whey protein isolate and egg white proteins. Colloids Surf B Biointerfaces. 54(2). doi: 10.1016/j.colsurfb.2006.10.017
- DIN EN ISO 13299:2016 (2016): Sensorische Analyse – Methodik – Anleitung zur Festlegung eines sensorischen Profils. Deutsche Fassung EN ISO 13299:2016. Berlin: Beuth Verlag.
- Foegeding EA & Davis JP (2011): Protein functionality in foams and emulsions. Annual Review of Food Science and Technology, 2: 163–182.
- Foegeding EA, Luck PJ, Davis JP (2006): Factors determining the physical properties of protein foams. Food Hydrocolloids, 20(2–3): 284–292.
- Guiné R (2022): Textural Properties of Bakery Products: A Review of Instrumental and Sensory Evaluation Studies. Applied Sciences 12(17): 8628ff. doi: 10.3390/app12178628
- James K, Kentish S (2007): Effect of sucrose on egg white foaming properties. Food Hydrocolloids, 21(4): 621–628.
- Kiosseoglou V, Paraskevopoulou A (2005): Egg proteins: Functional properties in food systems. In: Food Emulsions and Foams, CRC Press.
- Klingshirn A, Beck S, Franzreb AC et al. (2021): Verbraucherstudie zur Nutzung multifunktionaler Küchenmaschinen mit Kochfunktion. Hauswirtschaft und Wissenschaft 69 (2021), ISSN online 2626-0913. doi: 10.23789/HUW_13_2021
- Loderbauer J (2011). Das Bäckerbuch. Hamburg: Dr. Felix Büchner-Handwerk und Technik.
- Lomakina K, Mikova K (2006): A Study of the Factors Affecting the Foaming Properties of Egg White – a Review. Czech J. Food Sci., Vol. 24, No. 3: 110–118.
- mafowerk (2015): Wie oft backen Sie im Jahr? In Statista:
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/539620/umfrage/umfrage-zur-haeufigkeit-des-backens-in-deutschland/> (zuletzt abgerufen am 21.05.2025)

- Miller R (2016): Types of Cakes. In: Caballero B, Finglas PM, Toldrá F (Hrsg.): Encyclopedia of Food and Health. 1st ed. Academic Press: 579-582. doi: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00100-8
- Mine Y (1995): Recent advances in the understanding of egg white protein functionality. Trends in Food Science & Technology, 6(7): 225–232. doi: 10.1016/S0924-2244(00)89053-1
- Pernell C, Dexter J, Matsuo R (2006): Influence of Baking Parameters on Cake Structure and Crumb Properties. Cereal Chemistry, 83(4): 410–416.
- Raikos V, Campbell L, Euston SR (2007): Effects of Sucrose and Sodium Chloride on Foaming Properties of Egg White Proteins. Food Research International, 40(3): 347–355. doi: 10.1016/j.foodres.2006.10.008
- Sahi S, Alava J (2003): Functionality of emulsifiers in sponge cake production. J Sci Food Agric., 83(14): 1419–1429.
- Schreiber K, Luck M. (2020): Einfluss von Rührtechnik und Luftaufschlag auf die Struktur von Biskuitteigen. Lebensmitteltechnik, 47(3): 122–128.
- Singh A, Geveke D, Jones D, Tilman E (2019): The effects of mixing factors on functional properties of angel food cakes. Food Sci Nutr., 7(3): 987–996. doi: 10.1002/fsn3.911
- Singh A, Geveke D, Jones D, Tilman E (2019): Can acceptable quality angel food cakes be made using pasteurized shell eggs? The effects of mixing factors on functional properties of angel food cakes. Food Sci Nutr. 2019, 7(3): 987–996. doi: 10.1002/fsn3.911.
- Statista (2025): Kuchen & andere Backwaren - Deutschland. Statista. https://de.statista.com/outlook/cmo/lebensmittel/suesswaren-snacks/suesswaren-nachtische/kuchen-andere-backwaren/deutschland?utm_source=chatgpt.com (zuletzt abgerufen am 21.05.2025).
- Van der Plancken I, Van Loey A, Hendrickx M (2007): Foaming properties of egg white proteins affected by heat or high-pressure treatment. Journal of Food Engineering, 78(4): 1410–1426. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.01.013
- Wagenstaller M (2018): Backen – Technologie der Backwarenherstellung. 3., überarb. Aufl., Hamburg, Behr's Verlag.
- Weiß C (2010): Brot und Backwaren – Teil 2. In: Ernährungs Umschau 11/10: B41 – B44.
- Wilde P, Mackie A, Husband F, Gunning A, Morris V (2016): Proteins and emulsifiers at liquid interfaces. Advances in Colloid and Interface Science, 233: 70–81. doi: 10.1016/j.cis.2016.05.001

Autorinnen und Autoren

Prof. Dr. Astrid Klingshirn (Korrespondenzautorin), Dipl. Ing. Lilla Brugger, Roman Notz *BSc* und Leon Wittmann *BSc*, Fakultät Life Sciences, Hochschule Albstadt-Sigmaringen, Anton-Günther-Str. 51, 72488 Sigmaringen

Kontakt: klingshirn@hs-albsig.de



© A. Klingshirn

Interessenkonflikt

Die Autoren/-innen erklären, dass kein Interessenkonflikt vorliegt.

Zitation

Klingshirn A, Brugger L et al. (2025): Overrun als Performanceparameter von Küchenmaschinen: Einfluss des Eischneevolumens auf die Qualität von Biskuitteig Hauswirtschaft und Wissenschaft (73) 2025, ISSN online 2626-0913. <https://haushalt-wissenschaft.de> doi: 10.23782/HUW_06_2025