

Kritisch: die Feststoffkomponente Zucker

Beim Herstellen von Schokoladenmassen spielt die Feinvermahlung der Hauptrezepturkomponenten Zucker, Kakaomasse und Milchpulver unter Zusatz eines Anteils an Kakaobutter eine wesentliche Rolle. Während des Feinwalzens der Schokoladengrundmasse treten neben der Zerkleinerung der in der Kakaobutter dispergierten Feststoffe auch Strukturbildungsprozesse auf, so dass das Walzgut nach der Vermahlung in einem trockenen und flockigen Zustand vorliegt. Durch den nachfolgenden Conchierprozess wird diese für die Weiterverarbeitung unerwünschte Struktur unter Einwirken von Scherspannungen und Wärme bei allmählicher Entfeuchtung und Entgasung verändert, bis schließlich die Masse zunächst in den pastösen und später in den flüssigen Zustand übergeht. Diese Strukturtransformation erfordert einen erheblichen Energie- und Zeitaufwand. Die genauere Untersuchung der Strukturbildungsprozesse während der Feinvermahlung der Schokoladenmassenkomponenten ist daher von wesentlicher praktischer Bedeutung.

Die Feststoffkomponenten der angemischten Schokoladengrundmasse unterscheiden sich in ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften.

Zucker (Saccharose) als ein chemisch einheitlicher Stoff in kristalliner Form ist hydrophil, wasserlöslich und wird bei der Zerkleinerung an der Oberfläche teilweise amorphisiert [1]. In diesem Zustand ist der Zucker äußerst hygroskopisch und nimmt bevorzugt Feuchtigkeit aus der Umgebung auf. Nach ausreichender Feuchtigkeitsaufnahme beginnt der amorphe Zucker zu rekristallisieren und gibt dabei die zuvor aufgenommene Feuchtigkeit wieder ab. Das nun freie Wasser führt zur verstärkten Agglomeration der Zuckerpartikel untereinander und mit weiteren hydrophilen Feststoffen, wodurch sich eine räumliche Struktur in der Schokoladenmasse ausbilden kann.

Kakaofeststoffe sind chemisch nicht einheitlich aufgebaut und bestehen z. B. aus Zellwandbruchstücken sowie Stärke- und Eiweißkörnern. Sie können zum Teil Wasser aufnehmen und binden, aber sie lassen sich auch von Kakaobutter benetzen und besitzen in diesem Falle eine Solvatschicht.

Auch Milchpulverfeststoffe bestehen aus chemisch verschiedenen Komponenten, wie Milchproteine, Lactose, eingeschlossenem Milchfett und Mineralstoffen. Die Lactose kann amorph oder kristallin vorliegen, wo-

bei nur die amorphe Form hygroskopisch ist. Die Milchproteine haben sowohl oleophile als auch hydrophile Eigenschaften.

Sowohl die Kakao- als auch die Milchfeststoffe enthalten gebundene Feuchtigkeit, die während des Trockenconchierprozesses der vermahlenden Schokoladenmasse weitestgehend entfernt wird. Kakaobutter ist praktisch wasserfrei und Kristallzucker besitzt nur ca. 0,03 % Wasser.

In einer früheren Arbeit konnte gezeigt werden, dass der Kristallzucker unter bestimmten Bedingungen eine Strukturbildung wie z. B. bei der Vermahlung einer Zucker-Öl-Dispersion in Anwesenheit von Feuchtigkeit [2,3] hervorruft.

Diese Untersuchungen wurden inzwischen an verschiedenen Modellsuspensionen fortgesetzt und vertieft. An dieser Stelle soll in einem ersten Beitrag über Ergebnisse an Suspensionen, die nur aus den Schokoladenkomponenten Kakaobutter und Kristallzucker bestehen, berichtet werden.

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ZUR STRUKTURBILDUNG

Die Untersuchungen an den Modellsuspensionen aus Kakaobutter und Zucker dienen der Aufklärung der Strukturbildungseffekte,

die bei der Vermahlung von Kristallzucker als Komponente der Schokoladengrundmasse auftreten können. Die Grundlage bildete ein Gemisch aus Kristallzucker und Kakaobutter zu gleichen Teilen, das manuell intensiv in einem Hobart-Mischer vermischt wurde (s. Abb. 1).

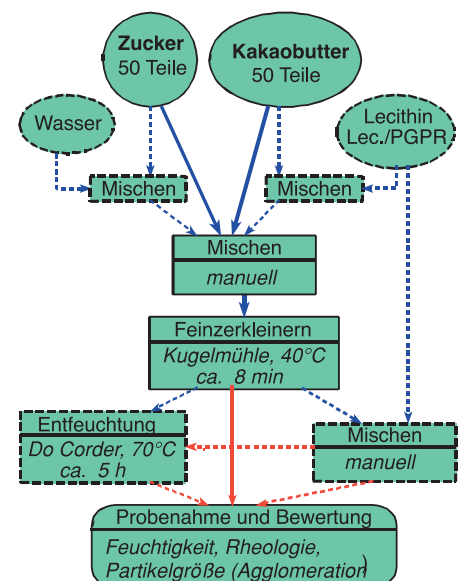


Abb. 1: Schematische Darstellung der Herstellung von Modellsuspensionen

Größe	Niveau
Wasserzugabe	0 %, 0,1 %, 0,2 %, 0,3 % (0,05 %, 0,15 %)
Grenzflächenaktive Substanz, Art	Lecithin, Lecithin + PGPR (70/30)
Grenzflächenaktive Substanz, Menge	0 %, 0,2 %, 0,4 %
Grenzflächenaktive Substanz, Menge Zeitpunkt der Zugabe	vor Vermahlung, nach Vermahlung vor und nach Vermahlung (geteilt)

Tabelle 1: Variierte Größen und deren Niveaus für die Untersuchungen an Kakaobutter-Zucker-Suspensionen

Zuvor wurden je nach Versuchsplan (s. Tab. 1) die entsprechenden Mengen an Wasser zum Zucker bzw. Emulgator zur Kakaobutter zugegeben (s. Abb. 1).

Um eine gute Feinverteilung des Wassers im Zucker zu erreichen, wurde es mit einem Zerstäuber auf den Zucker aufgebracht und mit Hilfe eines Hobart-Mischers homogen verteilt.

Die Vermahlung der Suspension erfolgte in einer Labor-Kugelmühle vom Typ Wiener-Roto (Wiener, Velsen-Noord).

Diese speziell für die Schokoladenfeinvermahlung entwickelte Labormühle ermöglicht die Zerkleinerung von ca. 1,5 kg Suspension auf eine Endfeinheit der Feststoffteilchen kleiner 30 µm innerhalb von 8 bis 10 min.

Zur Bewertung der Strukturbildungseffekte wurde die vermahlene Modellsuspension hinsichtlich Partikelgrößenverteilung (Laserbeugungsspektrometer mit unterschiedlicher Probenvorbereitung) und rheologischer Eigenschaften (Rotationsrheometer) analysiert [4].

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Partikelgrößenverteilung

Eine erste Aussage zum Einfluss der Feuchtigkeit auf die Struktur der Suspension nach der Vermahlung ist aus dem Vergleich der Partikelgrößenverteilungen des in der Kakaobutter vermahlenden Zuckers ableitbar (s. Abb. 3). Da in der Kugelmühle alle Modell-suspensionen auf annähernd gleiche Primärteilchengröße zerkleinert wurden, lassen sich die bei den einzelnen Versuchsmustern gemessenen Unterschiede der Partikelgrößenverteilung auf Agglomerationsvorgänge der Primärteilchen nach der Zerkleinerung zurückführen.

Bemerkenswert ist die deutliche Zunahme der größeren "Teilchen" bereits ab einer Feuchte von 0,1 % infolge der Agglomeration. Der Einfluss der Feuchte auf die Strukturbildung wird besonders deutlich, wenn man die Wirkung der unterschiedlichen Probenvorbereitung für die Partikelgrößenanalyse (manuelles leichtes Rühren oder intensive Ultraschallbehandlung) auf die mittlere Partikelgröße betrachtet (s. Abb. 4).

Die Zunahme der Agglomeration ab einem Feuchtezusatz von 0,1 % wird besonders an den bei geringer Beanspruchung gemessenen Mittelwerten deutlich (s. Abb. 4).

Erhöht man die Beanspruchung der Proben vor der Messung durch eine Ultraschallbehandlung (hohe Beanspruchung), so wird ein

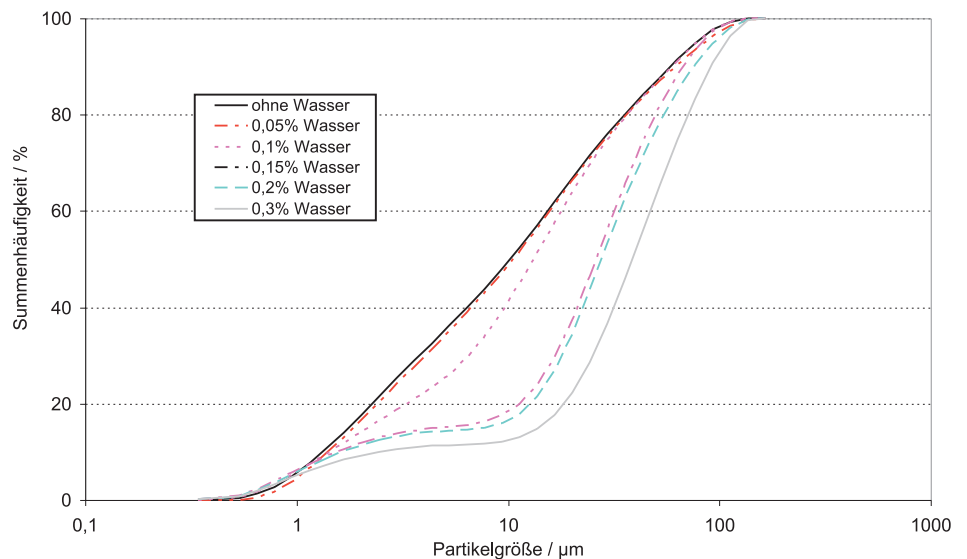


Abb. 3: Partikelgrößenverteilung einer Kakaobutter-Zucker-Suspension mit unterschiedlichem Zusatz an Feuchte ohne Zugabe eines Emulgators nach geringer Beanspruchung bei der Probenvorbereitung

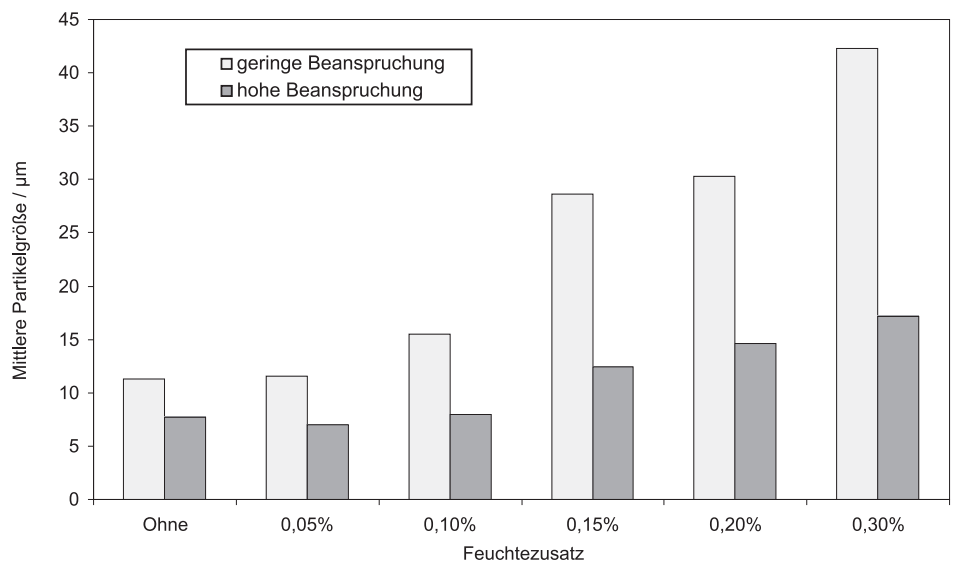


Abb. 4: Partikelgrößenverteilungen von Kakaobutter-Zucker-Suspensionen ohne Emulgatorzugabe in Abhängigkeit von der Probenvorbereitung und dem Zusatz an Feuchte
geringe Beanspruchung = leichtes, manuelles Dispergieren der Probe
hohe Beanspruchung = Dispergieren der Probe mittels Ultraschallbad

Teil der Agglomerate bei der Probenvorbereitung aufgelöst und die nachfolgende Messung liefert kleinere Werte. Trotzdem ist auch hier ab ca. 0,15 % Feuchtezusatz eine deutliche Zunahme der mittleren Partikelgröße gegenüber der Probe ohne Feuchte zu erkennen.

Daraus lässt sich schlussfolgern, dass unterhalb dieses Feuchtegehalts überwiegend lockere Agglomerate entstehen, die durch die Probenvorbereitung mit höherer mechanischer Beanspruchung weitgehend wieder aufgelöst werden.

Andererseits entstehen offensichtlich ab einem Wassergehalt von 0,2 % bereits festere Agglomerate, da auch nach einer Ultraschallbehandlung nicht die ursprüngliche Partikelgrößenverteilung (ohne Feuchtezusatz) erreicht wird.

Auswirkungen des Feuchtezusatzes auf das rheologische Verhalten

Die gemessenen Fließkurven der Suspensionen nach der Zerkleinerung wurden mit dem Modell entsprechend Gleichung (1) ausgewertet [2,4].

$$\tau = \tau_0 + \eta_{\infty} \cdot \dot{\gamma}_r + \eta_{str} \cdot \dot{\gamma}_{k,r}^n \cdot \dot{\gamma}_r \quad (1)$$

mit $\dot{\gamma}_r = \dot{\gamma} - \dot{\gamma}_{01}$ und $\dot{\gamma}_{k,r} = \frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}_1}$

Dabei sind τ_0 die Fließgrenze, η_{str} die strukturbedingte Viskosität, η_{∞} die Gleichgewichtsviskosität, n der Exponent des Strukturabbaus [2].

Die Konstanten $\dot{\gamma}_1 = 1 \text{ s}^{-1}$ stehen für die Dimensionskorrektur bzw. $\dot{\gamma}_{01} = 0,1 \text{ s}^{-1}$ für die Berücksichtigung der Gleiteffekte bei geringen Schergefällen [2]. Einen zusätzlichen Parameter zur Charakterisierung des Fließverhaltens bildete die Spezifische Strukturzerstörungsarbeit w_{st} , die den Strukturzustand der Suspension in einer integralen Weise beschreibt. Die Spezifische Strukturzerstörungsarbeit nach Franke [5,6] wird als Fläche unter der Viskositätsfunktion $\eta_{eff} = f(\dot{\gamma})$ bei strukturviskosen Medien bestimmt (s. Abb. 2) und kann physikalisch als ein Maß für die im jeweiligen Rheometer der Messsubstanz zugeführte Arbeit angesehen werden. Der Anteil unterhalb der Linie der Gleichgewichtsviskosität η_{∞} ist die zur viskosen Strömung des desaggregierten Systems notwendige Arbeit, während die Fläche oberhalb dieser Linie den Anteil zur Zerstörung der in der Messsubstanz vorhandenen Strukturen darstellt. Damit stellt dieser Parameter w_{st} in J/m^3 einen integralen Kennwert für den Strukturzustand eines Stoffsystems dar, der z. B. auch für die Bewertung des Conchierprozesses hinsichtlich der Strukturtransformation geeignet ist.

Abbildung 5 zeigt den Einfluss der Feuchte während der Vermahlung auf diese rheologischen Parameter in der Kakaobutter-Zucker-Suspension. Da die Gleichgewichtsviskosität sich erst bei sehr hohen Schergeschwindigkeiten größer als 200 s^{-1} messen lässt, bei denen die Struktur bereits weitestgehend durch die wirkenden hohen Scherspannungen aufgelöst ist, steigt diese rheologische Größe mit zunehmender Feuchte der Suspension nur geringfügig an.

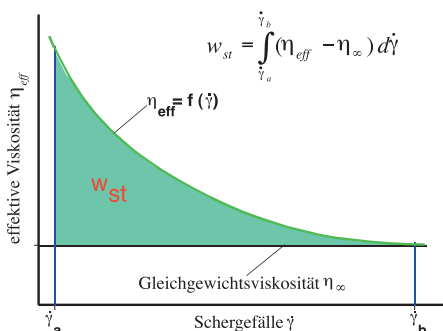


Abb. 2: Schematische Darstellung der spezifischen Strukturzerstörungsarbeit w_{st}

Die strukturbedingte Viskosität und die spezifische Strukturzerstörungsarbeit steigen sehr markant mit zunehmender Feuchte der Suspension an. Auch die Fließgrenze als Kennwert für die Ruhestruktur steigt bis zu einer Feuchte von 0,2 % deutlich an und nimmt dann wieder etwas ab, was auch, aufgrund der hohen Zähigkeit der Suspension bei diesen Feuchten, auf Gleiteffekte im Rheometer zurückzuführen sein könnte.

Einfluss von Emulgatoren

Bei der Schokoladenherstellung setzt man der Schokoladenmasse Emulgatoren zu, um die rheologischen Eigenschaften zu verbessern. Der gewünschte Effekt wird dadurch hervorgerufen, dass die amphiphilen Moleküle sich mit ihrer hydrophilen Gruppe an hydrophile Komponenten (z. B. Zucker, Wasser) und die oleophile Gruppe sich an oleophile Komponenten der Suspension anlagern. Dadurch ändern sich die Wechselwirkungen

zwischen den Zuckerpartikeln und es kann erwartet werden, dass die Agglomerationsneigung abnimmt.

Abbildung 6 zeigt die Partikelgrößenverteilungen von Modellsuspensionen, die bei verschiedenen Feuchtegehalten jedoch mit einem Zusatz von 0,2 % Lecithin vermahlen wurden. Beim Vergleich von Abbildung 6 mit Abbildung 3 fällt auf, dass die Agglomerationsneigung der Zuckerpartikel durch den Zusatz von Lecithin erwartungsgemäß etwas abgenommen hat, aber die Feuchtigkeit dennoch ihren Einfluss nicht verliert.

Noch deutlicher ist dies an den rheologischen Ergebnissen zu erkennen, die in Abbildung 7 dargestellt sind. Selbst bei der Anwesenheit von Lecithin ist ein deutlicher Anstieg der strukturelevanten rheologischen Parameter mit zunehmendem Feuchtezusatz festzustellen. Allerdings sind die absoluten Werte ge-

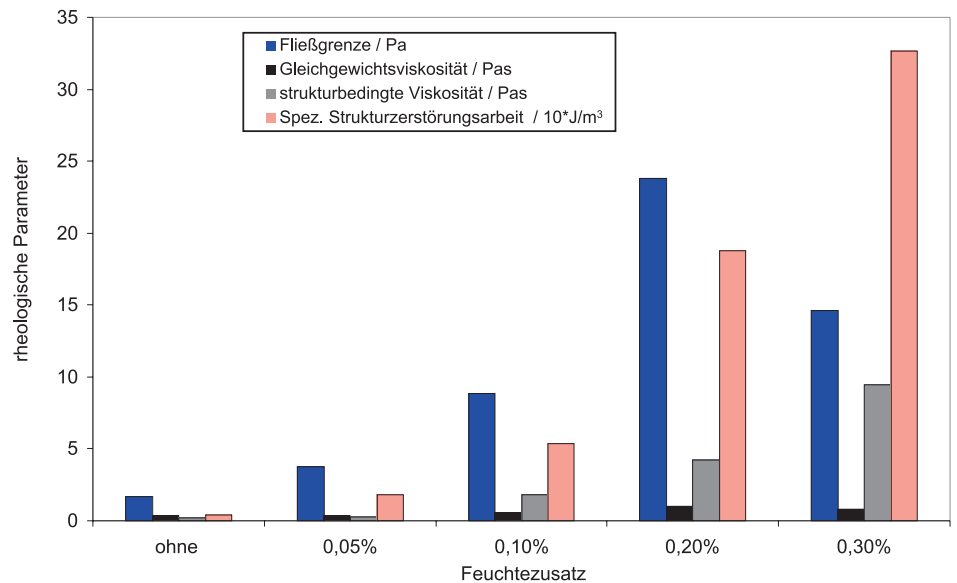


Abb. 5: Einfluss des Feuchtezusatzes auf die rheologischen Parameter von Kakaobutter-Zucker-Suspensionen ohne Emulgatorzugabe

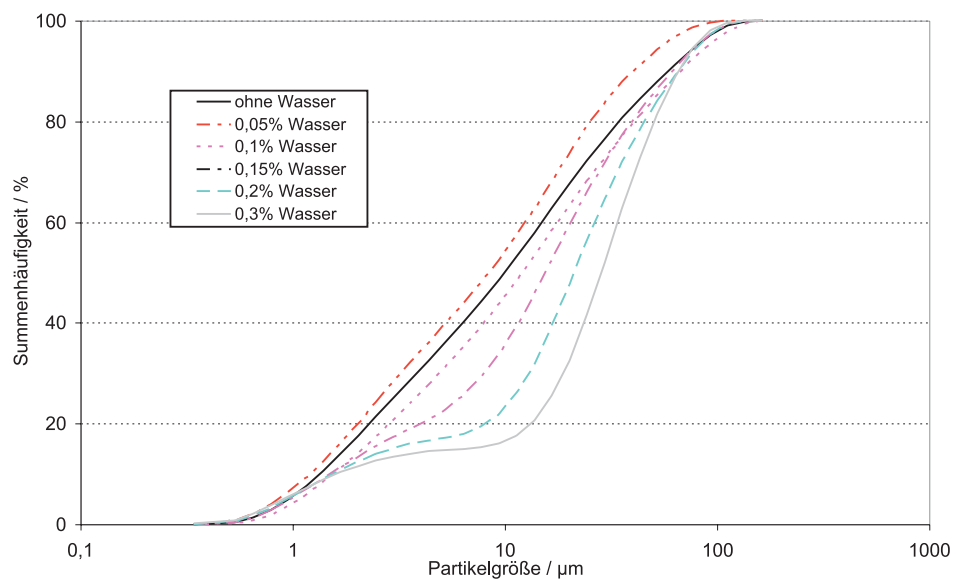


Abb. 6: Partikelgrößenverteilung von Kakaobutter-Zucker-Suspensionen mit unterschiedlichem Zusatz an Feuchte und Zugabe von 0,2 % Lecithin vor der Vermahlung nach geringer Beanspruchung bei der Probenvorbereitung

ringer und die drastische Änderung gegenüber der Suspension ohne Feuchte beginnt erst bei höheren Wasseranteilen. Das Lecithin verringert demnach bis zu einem gewissen Maße den strukturbedingten Einfluss auf die rheologischen Eigenschaften, allerdings sind dafür auch die auf die spezifische Grenzfläche bezogene Zusatzmenge und die Art des Emulgators mit entscheidend.

Neben Lecithin wird in der Praxis auch der Emulgator PGPR (Polyglycerin-Polyricinoleat) eingesetzt. PGPR hat in Schokoladenmasse eine weit geringere viskositätssenkende Wirkung als Lecithin, reduziert aber die Fließgrenze stärker ohne das ein Zugabeoptimum existiert [7]. Es wirkt außerdem dem Viskositätsanstieg, den geringe Wassermengen in Schokoladenmasse hervorrufen, entgegen. In der Regel wird zur Optimierung der Emulgatoreigenschaften bei Schokolade ein Gemisch aus Lecithin (70 %) und PGPR (30 %) eingesetzt.

Die Abbildungen 8 bis 10 zeigen den Einfluss des Emulgatormisches Lecithin/PGPR im Vergleich zu Lecithin bei verschiedenen Zugabezeitpunkten (vor und nach der Vermahlung) in den Kakaobutter-Zucker-Suspensionen auf die rheologischen Eigenschaften. Es ist zu erkennen, dass in den untersuchten Modellsuspensionen die Mischung Lecithin/PGPR bezüglich der Fließgrenze, der strukturbedingten Viskosität und der spezifischen Strukturzerstörungsarbeit eine etwas geringere Wirkung als Lecithin hat.

Einfluss einer nachträglichen Scherbehandlung (Conchieren)

Bei der Schokoladenherstellung dient das Conchieren, wie bereits erwähnt, auch der Verbesserung der Fließeigenschaften der Masse, da durch die Entfeuchtung und die lang anhaltende Scherbehandlung die bei der Vermahlung entstandenen Strukturen im Wesentlichen wieder aufgelöst werden. Im Rahmen der Untersuchungen wurden daher die Modellsuspensionen mit dem höchsten Feuchtegehalt (0,3 %) nach der Vermahlung einer Nachbehandlung (Conchieren) in einem Laborknetter (Brabender DO-Corder) über eine Dauer von fünf Stunden unterzogen.

Abbildung 11 zeigt den Vergleich der Fließeigenschaften einer solchen nachbehandelten Modellsuspension mit einer Suspension, die ohne Feuchtigkeit vermahlen und nicht conchiert wurde. Die rheologischen Parameter sind als relative Werte auf die der unconchierten "feuchten" Suspensionen unmittelbar nach der Zerkleinerung bezogen, so dass die ursprünglichen Fließwerte der Suspension mit 0,3 % Feuchtezusatz einem Wert von 100 % entsprechen. Die Modellsuspension ohne Feuchte besitzt, abgesehen von der Fließgrenze, gleichwertige oder bessere Fließeigenschaften als die Modellsuspension, die bei der Vermahlung 0,3 % Feuchte enthielt und nachträglich conchiert werden

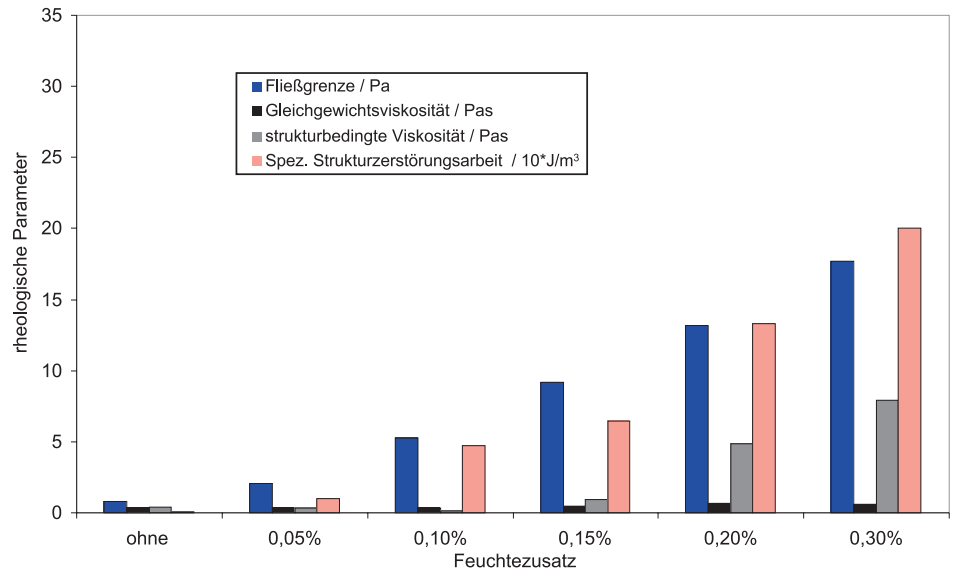


Abb. 7: Einfluss des Feuchtezusatzes auf die rheologischen Parameter von Kakaobutter-Zucker-Suspensionen mit Zugabe von 0,2% Lecithin

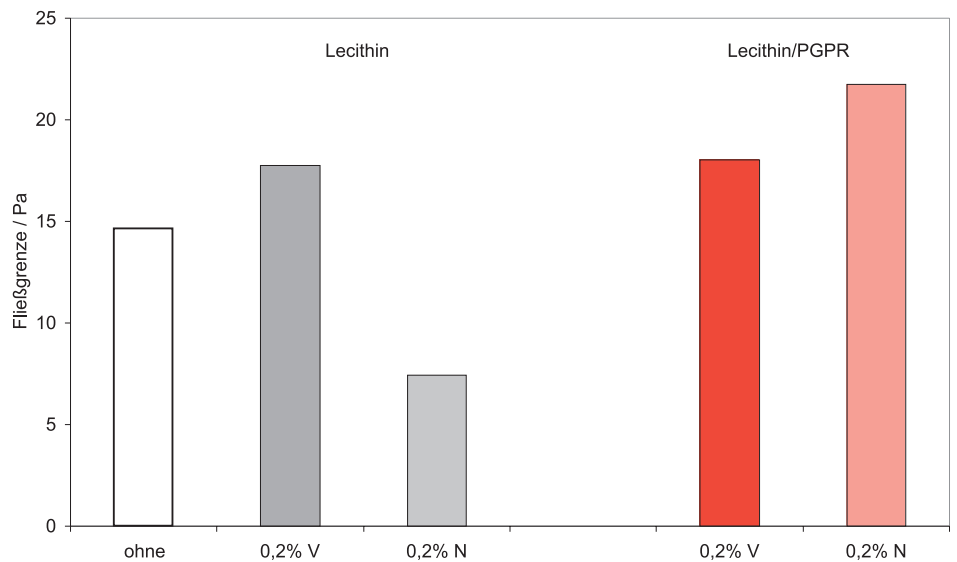


Abb. 8: Fließgrenze von Kakaobutter-Zucker-Suspension mit Zusatz von 0,3% Feuchte in Abhängigkeit vom Zugabezeitpunkt und Art des Emulgators
V Zugabe des Emulgators vor der Vermahlung / N Zugabe des Emulgators nach der Vermahlung

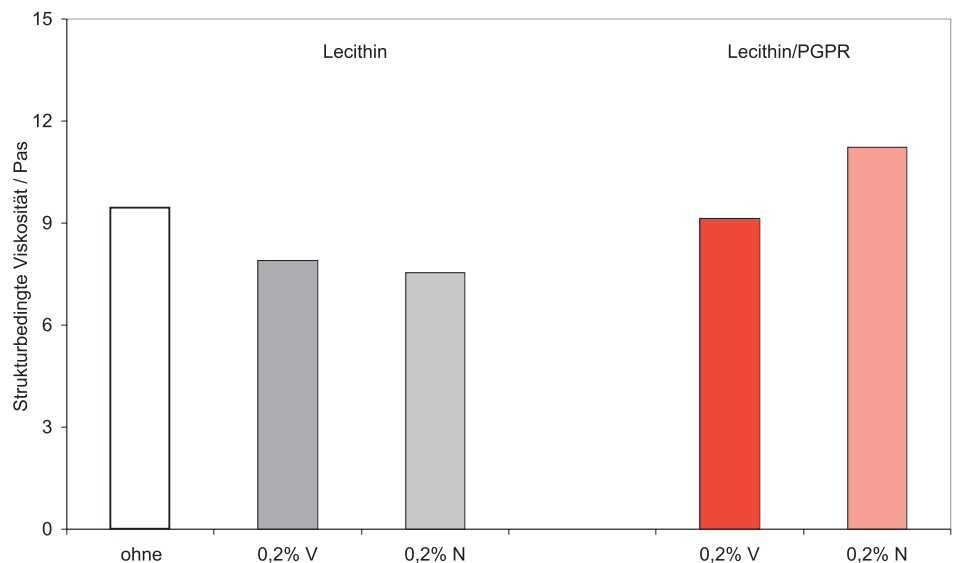


Abb. 9: Strukturbedingte Viskosität von Kakaobutter-Zucker-Suspensionen mit Zusatz von 0,3% Feuchte in Abhängigkeit vom Zugabezeitpunkt und Art des Emulgators
V Zugabe des Emulgators vor der Vermahlung / N Zugabe des Emulgators nach der Vermahlung

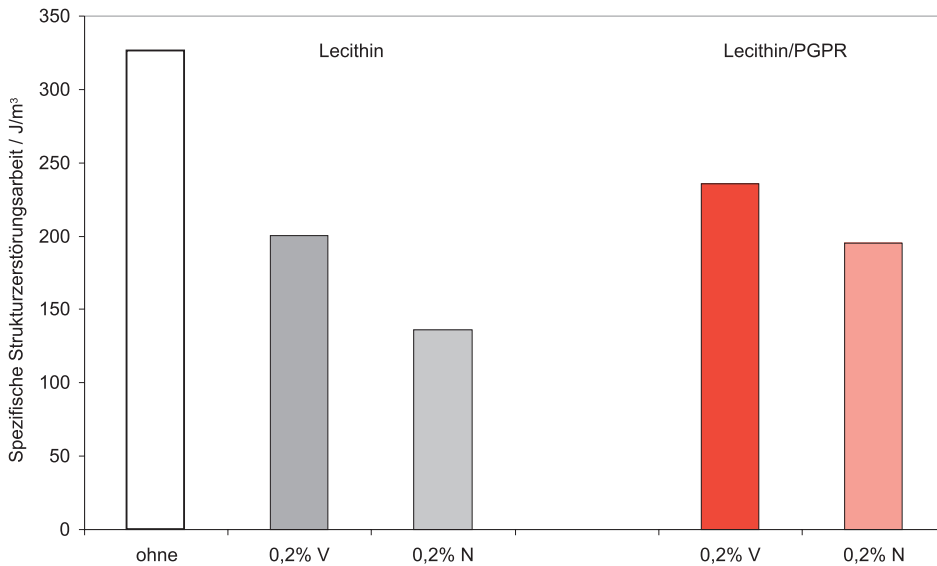


Abb. 10: Spezifische Strukturzerstörungsarbeit von Kakaobutter-Zucker-Suspension mit Zusatz von 0,3% Feuchte in Abhängigkeit vom Zugabezeitpunkt und Art des Emulgators V Zugabe des Emulgators vor der Vermahlung / N Zugabe des Emulgators nach der Vermahlung

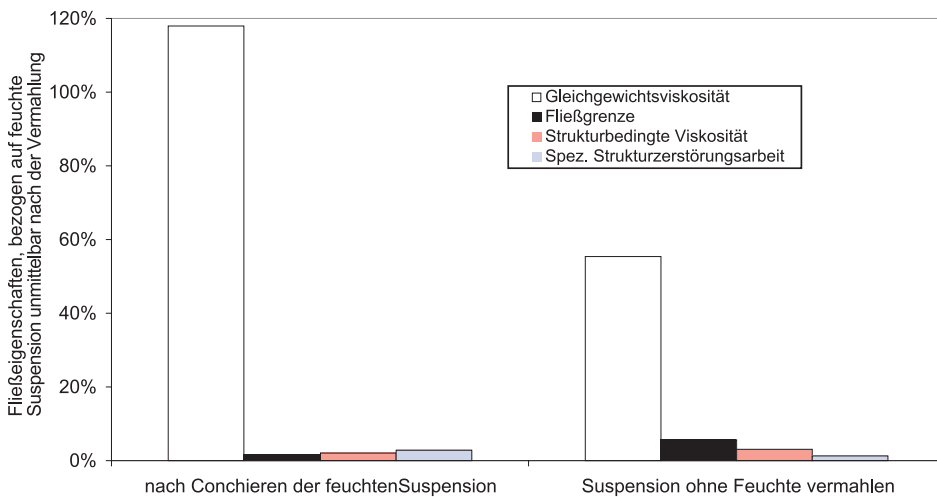


Abb. 11: Relative Werte der Fließeigenschaften von Kakaobutter-Zucker-Suspensionen mit hohem Feuchtegehalt nach einer Conchierbehandlung (links) bzw. nach Vermahlung ohne Feuchtezugabe (rechts) ohne Lecithinzusatz

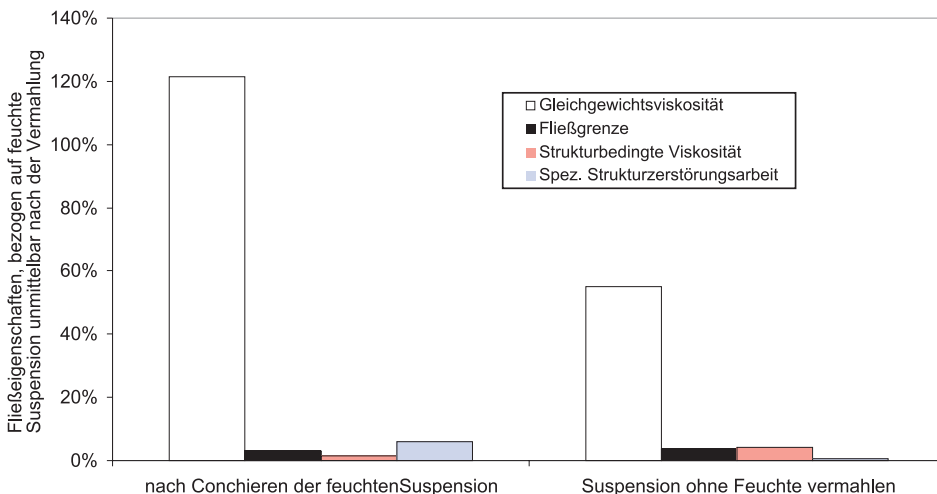


Abb. 12: Relative Werte der Fließeigenschaften von Kakaobutter-Zucker-Suspensionen mit hohem Feuchtegehalt nach einer Conchierbehandlung (links) bzw. nach Vermahlung ohne Feuchtezugabe (rechts) bei Anwesenheit von 0,2% Lecithin

musste. Ähnliche Effekte zeigen sich, wenn den Modellsuspensionen Lecithin als Emulgator zugegeben wurde (s. Abb. 12). Auch in diesem Falle hat die ohne Feuchte vermahlene Suspension vergleichbare, zum Teil sogar bessere Fließeigenschaften (Gleichgewichtviskosität) als die feuchte Suspension nach dem Conchieren.

ZUSAMMENFASSUNG

Strukturbildungseffekte bei der Vermahlung von Schokoladengrundmasse lassen sich besonders klar erkennen, wenn zunächst eine Modellsuspension analysiert wird, die neben der flüssigen Fettphase Kakaobutter nur eine Feststoffkomponente enthält. Die für die Strukturbildung kritische Feststoffkomponente Zucker wurde daher mit unterschiedlicher Ausgangsfeuchte im Bereich von 0,0 bis 0,3 % mit und ohne Anwesenheit von Emulgator auf Endfeinheit vermahlen. In diesen vermahlenden Modellsuspensionen ließen sich nachfolgend die Strukturbildungseffekte anhand der Partikelgrößenverteilungen nach unterschiedlicher Probenbehandlung sowie anhand der rheologischen Eigenschaften nachweisen. Es konnte gezeigt werden, dass die Feuchtigkeit einen gravierenden Einfluss auf die Strukturaufbildung des fein vermahlenden Zuckers in der Kakaobuttersuspension hat und die rheologischen Eigenschaften der Suspension stark negativ beeinflusst. Das ist besonders deutlich an der Fließgrenze und der strukturbedingten Viskosität zu erkennen. Auch die Spezifische Strukturzerstörungsarbeit, als ein Maß für den energetischen Aufwand zur Strukturauflösung beim Conchieren, wird durch die Feuchte verändert.

Alle rheologischen Parameter der Suspension werden bereits bei geringen Feuchtezusätzen ab 0,1 % deutlich beeinflusst. Der Zusatz von Lecithin führt zur leichten Verbesserung der Fließeigenschaften, aber die durch die Feuchte hervorgerufenen Effekte bleiben erhalten. Der Einsatz eines Gemisches aus PGPR und Lecithin, wie es typischerweise in der Schokoladenindustrie angewendet wird, hatte bei den untersuchten Modellsuspensionen aus Kakaobutter und Zucker keinen positiven Effekt gegenüber dem Lecithin.

Eine mehrstündige Nachbehandlung (Conchieren) der mit Feuchtezusatz vermahlenden Suspension führt zur Verbesserung der Fließeigenschaften. Auf diese Weise können die Fließkennwerte auf ein Level gebracht werden, das dem der ohne Feuchtezusatz vermahlenden Suspensionen gleicht.

Die vorgestellten Arbeiten werden an Modellsuspensionen mit den anderen Feststoffkomponenten Kakaomasse und Milchpulver, die als potentielle Feuchtelieferanten im realen System Schokoladengrundmasse wirken, weitergeführt. Über die Ergebnisse dieser noch laufenden Untersuchungen wird später berichtet.

SUMMARY

Investigations on model suspensions containing only one solid component in a continuous fatty phase are suitable to determine structure formation effects during fine grinding of chocolate mass. Sugar, the most critical component with respect to structure formation, was ground to chocolate fineness with different initial moisture contents between 0 and 0.3% and different contents and types of emulsifiers. Structure formation after fine grinding can be detected by particle size measurements after different sample preparation techniques and by means of rheological measurements. The moisture could be shown to have a serious effect on structure formation of ground sugar particles and rheological behaviour of the suspension. Especially yield value and structure depending viscosity changes distinctly with varying moisture content during fine grinding.

All rheological parameters are already influenced at a relative low moisture content of 0.1%. The addition of lecithin as an emulsifier leads to a slight improvement of flow properties. However the effects of increasing moisture content remain. In the model suspensions investigated, the application of a mix of PGPR and lecithin, often used in the chocolate industry, did not improve the flow properties compared to the use of lecithin.

An improvement of flow properties of suspensions ground with a high moisture content could be observed after a post-treatment of the suspensions (conching) over several hours in a kneader. Resulting flow properties were similar to those of suspensions ground without moisture, where such a post-treatment was not required.

These investigations will be continued on model suspensions containing additional solid components (milk powder and cocoa solids) as possible moisture supplier in the real chocolate mass. The results of these investigations will be reported later.

LITERATUR

1. Niediek, E.A.; Roth, D., Rumpf, H. (1975) Untersuchungen zur Wasserdampfadsorption und -desorption an der Zuckeroberfläche (AiF FV 2576), Karlsruhe: Universität Karlsruhe, Forschungsbericht
2. Winkler, T.; Tscheuschner, H.-D. (1998) Einfluß der Feuchte auf die Agglomeration und die Viskosität von zuckerhaltigen Fett-Dispersionen bei der Feinvermahlung, Zucker- und Süßwarenwirtschaft 51 (1/2) 56-63
3. Franke, K.; Tscheuschner, H.-D. (2000) Influence of moisture of solid particles in oleophilic suspensions on their flow behaviour and state of agglomeration, Zürich, CH: 2nd International Symposium on Food Rheology and Structure, Poster
4. Franke, K.; Heinzelmann, K. (2001) Untersuchungen zu Feuchtesorptionsänderungen von Schokoladenmassenkomponenten unterschiedlicher Feuchte beim Anmischen und Feinvermahlen, Quakenbrück: Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V., AiF-FV 12146 N, Zwischenbericht
5. Franke, K. (1989) Modellierung des kontinuierlichen Conchierprozesses nach dem Hochschergadverfahren, Dresden: Technische Universität, Fakultät für Maschinenwesen, Dissertation
6. Hausmann, A.; Tscheuschner, H.-D. (1992) Veränderung des Strukturzustandes von Schokoladenmassen beim Conchieren, Zucker- und Süßwarenwirtschaft 45 (9) 298 - 304
7. Schantz, B.; Linke, L.; Setrdle, A.; Köhler, P. (2001) Wirkung handelsüblicher Emulgatoren auf die rheologischen Eigenschaften flüssiger Schokoladenmassen, Teil 1: Die theoretischen Grundlagen der Untersuchung, Zucker- und Süßwarenwirtschaft 54 (4) 30-32

Autoren:

Dr. Knut Franke,

Katrin Heinzelmann,

Prof. Dr. Horst-Dieter Tscheuschner

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V., Prof.-v.-Klitzing-Str. 7, 49610 Quakenbrück,
Tel. 05431 - 183-0, Fax 05431 - 183-114, <http://www.dil-ev.de>, E-Mail: k.franke@dil-ev.de

Danksagung

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln der industriellen Gemeinschaftsforschung (BMW/AiF) über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI) gefördert. Projekt-Nr.: AiF-FV 12146 N.

Unser Dank gilt den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschusses für die konstruktive fachliche Beratung und den beteiligten Unternehmen für die Bereitstellung von Versuchsmaterial.

Kennworte:

Schokoladenmassenherstellung – Strukturbildungsprozesse – Feststoffe – Feststoffe, chemische und physikalische Eigenschaften – Zucker – Feuchtigkeit – Conchieren