

Technische Universität München

TUM School of Life Sciences Weihenstephan

Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Becker



Interaktion Stärke-Gluten – Einfluss der Oberflächen-Funktionalität auf das Teigverhalten

8. Frühjahrstagung



Weihenstephaner Institut für
Getreideforschung

Brandner, S.

Jekle, M.

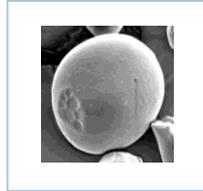
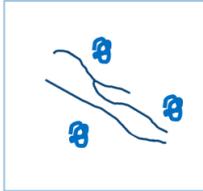
Becker, T.

Freising, 27.03.2019



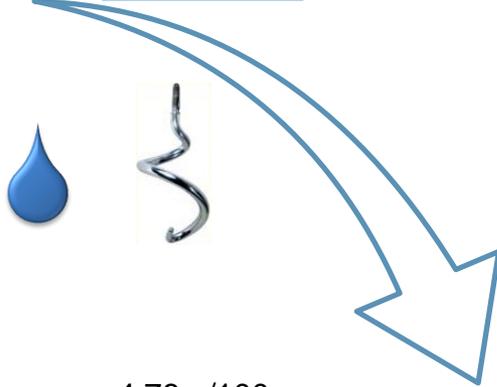
Uhrenturm der TUM

Bildung der Teigstruktur - Eine Interaktion aus Stärke-Gluten?



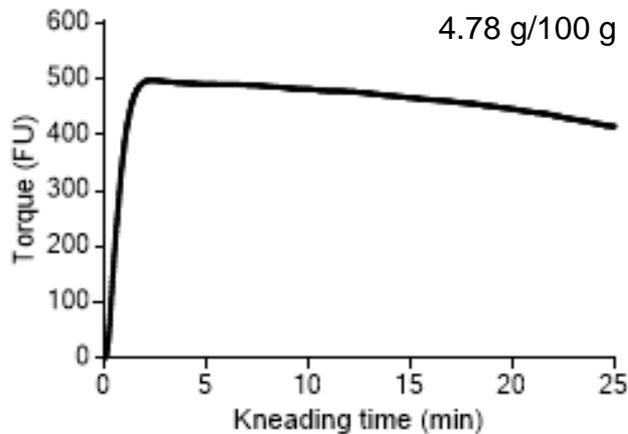
Hauptinhaltsstoffe von Weizenmehlen:

- Stärke → Hauptbestandteil (~ 80 %)
- Gluten-Proteine → Funktionalität

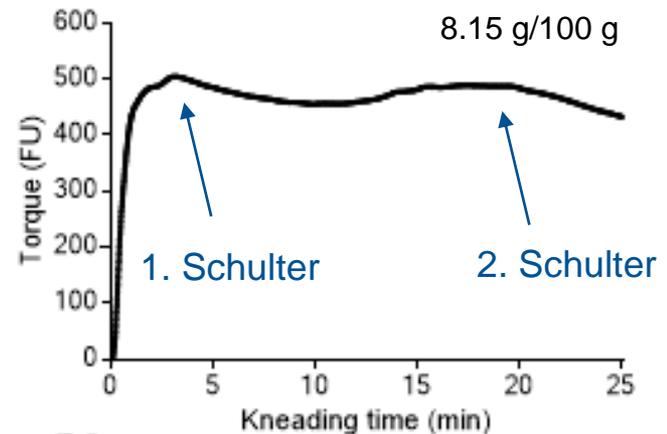


Netzwerkbildung

- Wasser
- Mechanische Energie

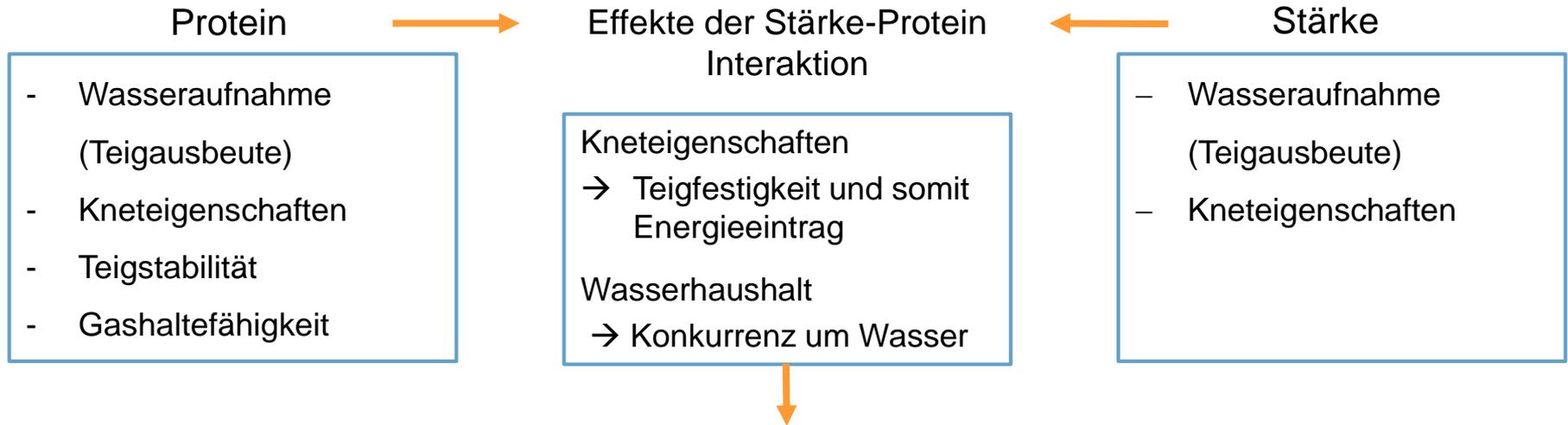


Mechanische Modifikation



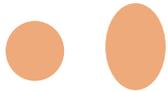
Mehle mit hohem Stärkewandlungsgrad zeigen zweite, verzögerte Strukturbildung

Funktionelle Bedeutung von Stärke und Gluten im Teig?



Was beeinflusst die Interaktion zwischen Stärke und Gluten?

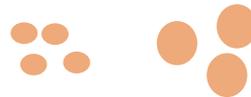
Partikelform



Kugelförmig
Scheibenförmig

Einfluss auf:
- Netzwerkverstärkung

Partikelgröße/Verteilung



A-Granules: 10 bis 35 µm
B-Granules: < 10 µm

Einfluss auf:
- Wasserbindungsvermögen
- Netzwerkverstärkung

Oberflächenfunktionalität



Proteine
Fette

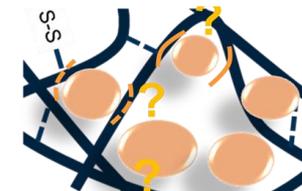
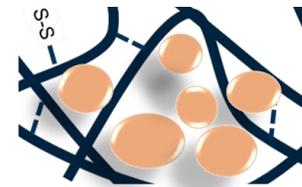
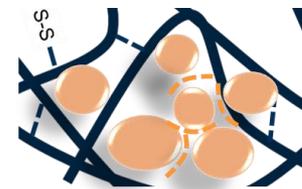
Einfluss auf:
- Interaktion mit Netzwerk

Mögliche Rolle der Stärke im Glutennetzwerk – basierend auf der Oberflächenfunktionalität

Rolle der Stärke hängt im Wesentlichen von der Oberflächenfunktionalität der Partikel ab
→ Kontaktpunkt zwischen Partikel und Netzwerk

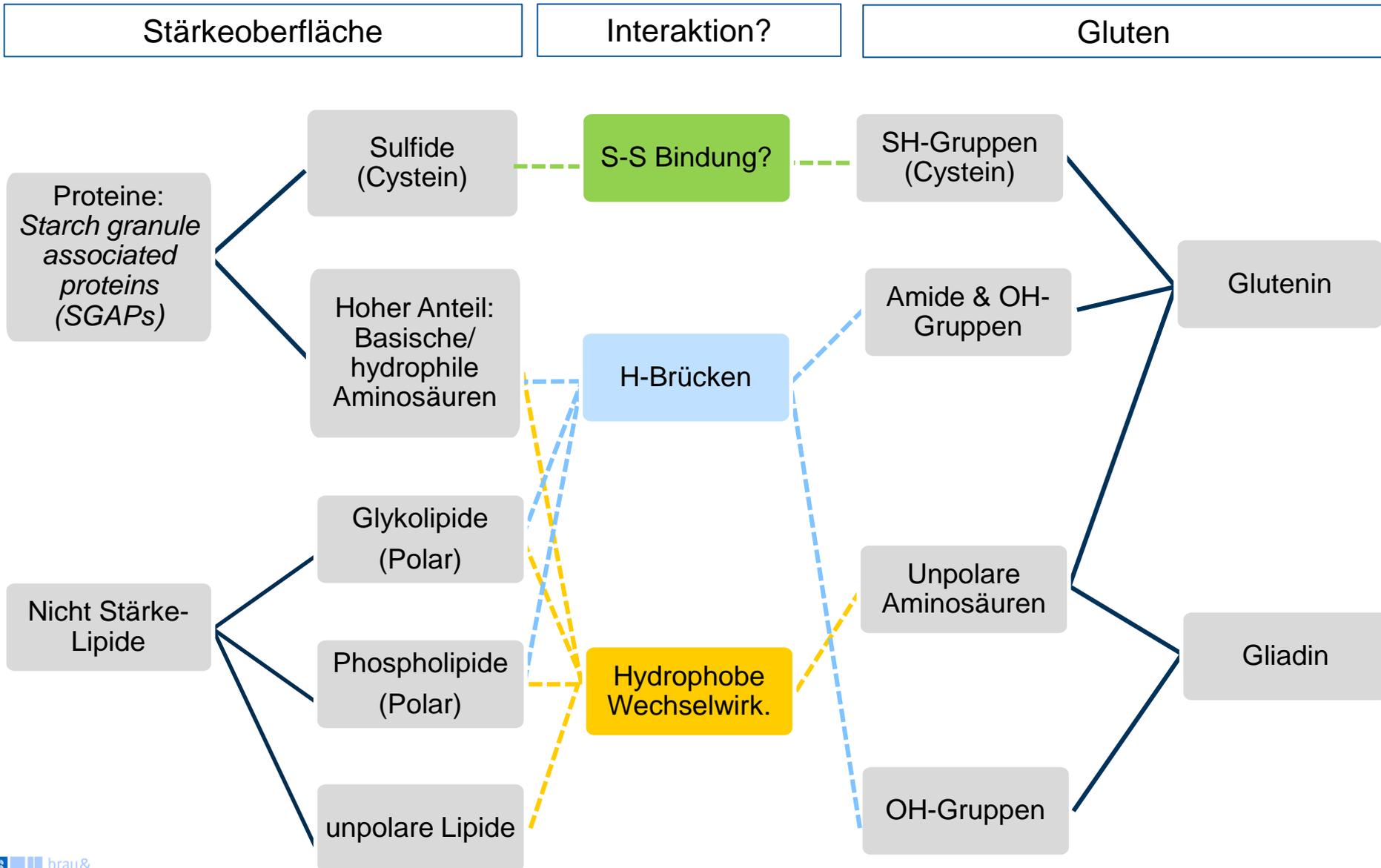
Je nach Interaktionen zwischen Stärke-Stärke, Stärke-Gluten sind unterschiedliche Netzwerke möglich:

- Separates Partikel- & Polymernetzwerk?
 - Stärkepartikel bilden ein separates Netzwerk
- Polymernetzwerk mit inerten Füllstoff?
 - Abschirmungs-/Barriereeffekte
 - Stärke hat nur physikalischen Effekt durch Einschluss
- Partikelverstärktes Polymernetzwerk?
 - Stärke interagiert mit Gluten
 - Zusätzliche Bindungen verstärken das Netzwerk



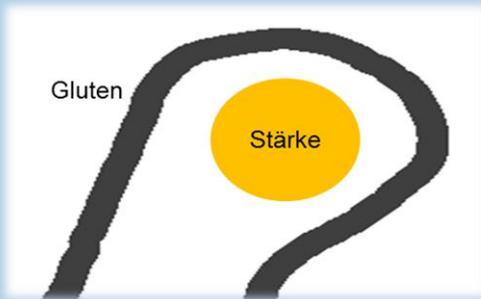
[Jekle, 2016]

Interaktionsmöglichkeiten Stärke-Gluten

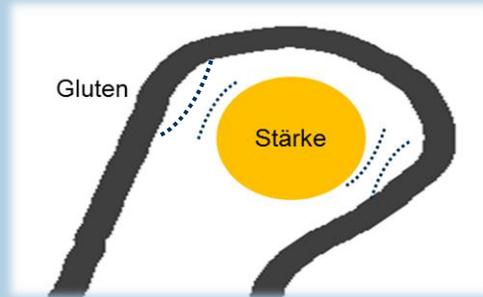


Aufklären welche Interaktion zwischen Stärke und Matrix entscheidend für die Funktionalität ist

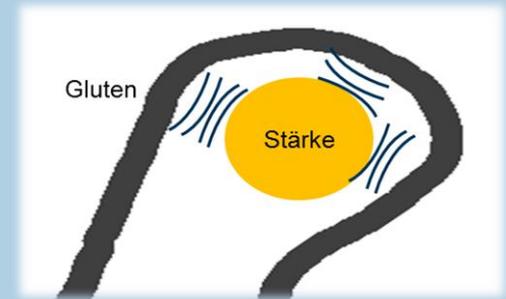
Keine: Stärke als inertes Füllpartikel?



Schwache Interaktion zwischen Partikel und Matrix?



Starke Interaktion zwischen Partikel und Matrix?



Variation der Wechselwirkungsstärke zwischen Partikel und Matrix

Lösungsansatz:

Rekonstitutionsversuche?

Gluten mit unterschiedlichen Stärken
→ Nicht nur Oberflächenfunktionalität variiert, sondern auch Form und Größe

Stärkemodifikation?

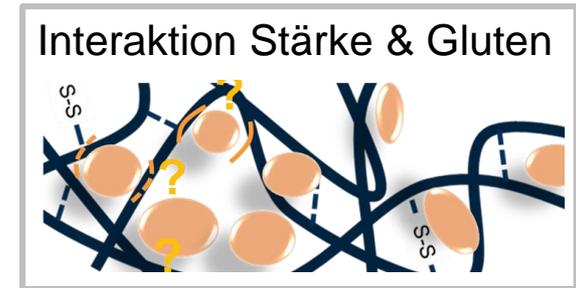
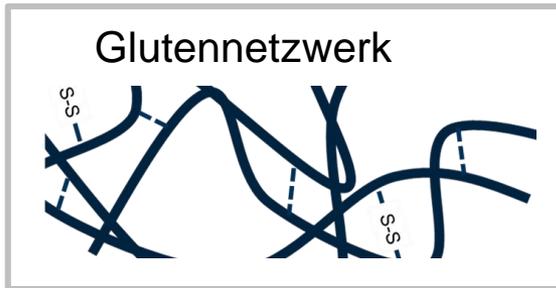
Entfetten/Entfernung von Protein
→ Starke chemische Substanzen notwendig
→ Weitere strukturelle Veränderungen

Künstliches Teigsystem

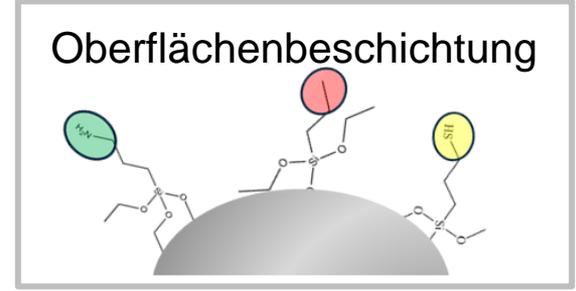
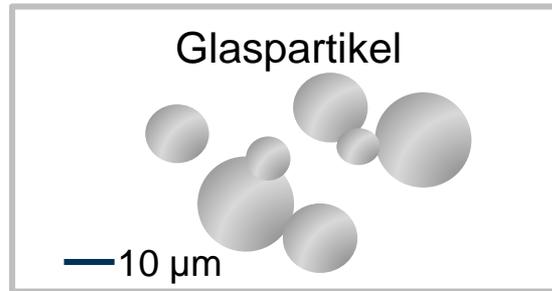
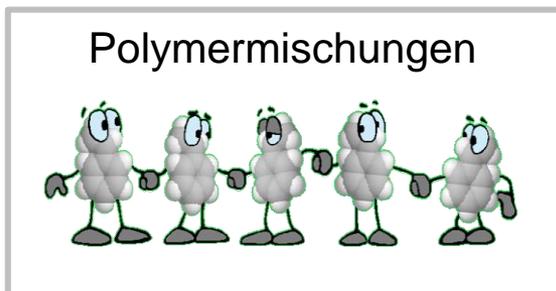
Gezieltes Beschichten von Partikeln
→ Keine Veränderung von Form/Größe
→ Keine weiteren strukturellen Veränderungen

Ansatz zum Aufbau eines Modellsystems

Interpretation der Teigmatrix als ein Drei-Komponentensystem:



und Ersatz dieser Komponenten durch:



Kombination von natürlichen (HPC) und synthetischen (PVP) Polymeren

Glaspartikel mit ähnlicher Größenverteilung zu Weizenstärke (nach Volumen)
 $D_{10} = 1,01 \mu\text{m}$, $D_{50} = 6,48 \mu\text{m}$, $D_{90} = 14,0 \mu\text{m}$

Steuerung der Interaktion zwischen Stärke und Gluten

Komplexität kann Stufenweise erhöht/gesenkt werden → Zielgerichtete Aufklärung der Interaktion zwischen Stärke und Gluten

Imitation der Oberflächenfunktionalität der Stärke auf Glaspartikeln

Verwendung von Silane Coupling Agents zur Modifikation der Oberfläche:

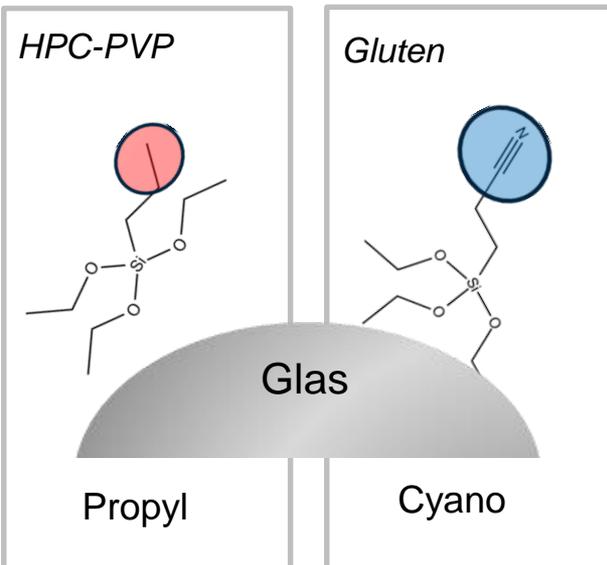


X = Funktionelle Gruppe, die mit der Matrix interagieren kann (z.B. Thiol, Amin)

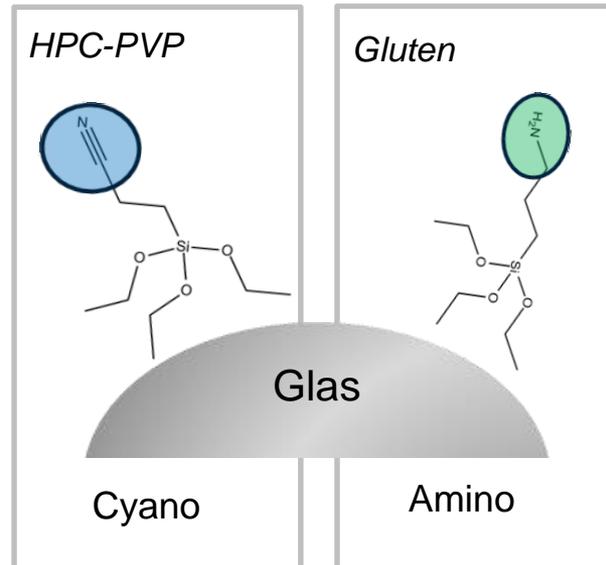
OR = Hydrolysierbare Gruppe (meist Methoxy/Ethoxy), die an anorganisches Material bindet

Steuerung der Interaktionsstärke zwischen Gluten bzw. HPC-PVP und Partikel:

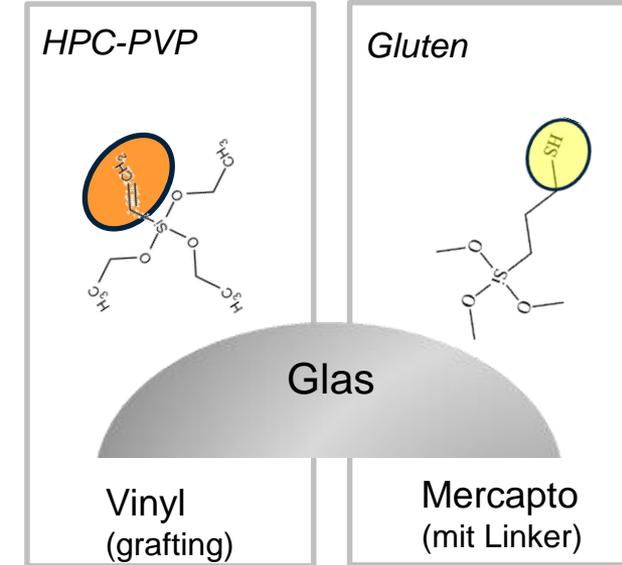
1. „Keine“ Interaktion



2. Schwache Interaktion

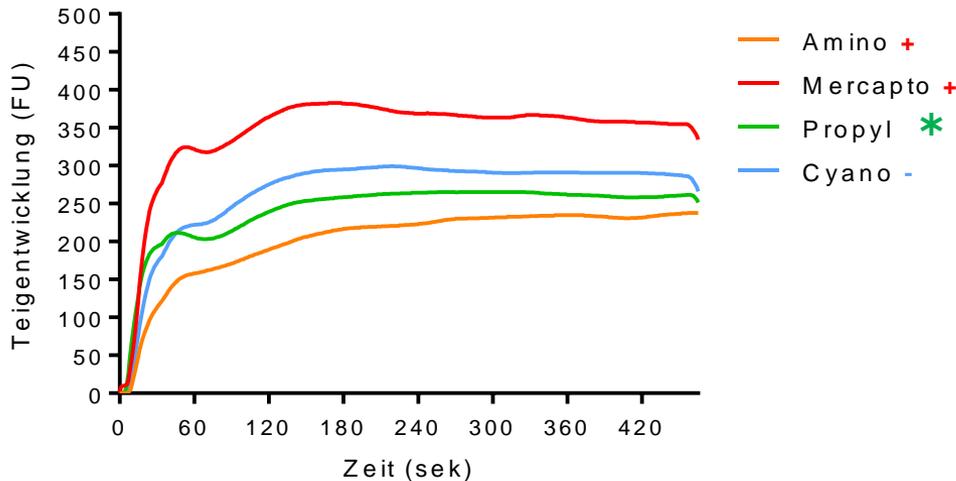


3. Starke Interaktion



Teigentwicklung in Abhängigkeit der Oberflächenfunktionalität der Partikel

Knetkurven von Gluten (30 %) mit 70 % Glaspartikel unterschiedlicher Beschichtungen



Interagierend: +

- Amino → H-Brücke, Peptidbindung?
- Mercapto → Disulfidbrücke

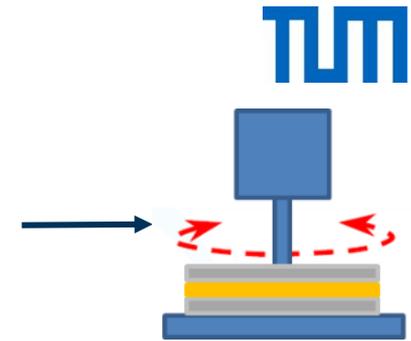
Schwache Interaktion: *

- Propyl → Hydrophobe WW

Nicht interagierend: -

- Cyano

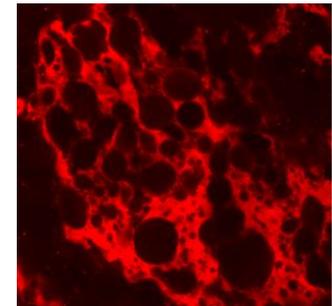
Andere Netzwerk bildung?



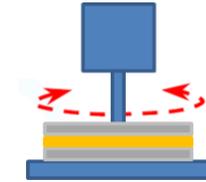
Andere Wasser- absorption?



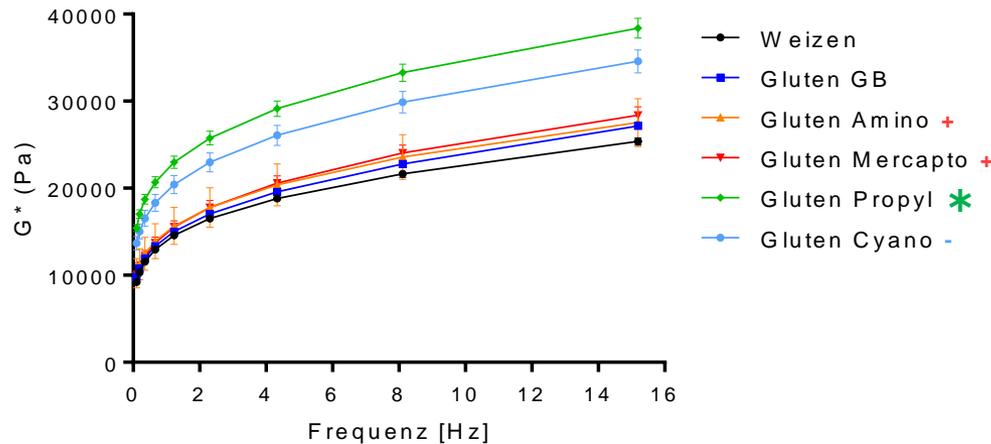
Agglomer- ation nicht interagier- ender Partikel?



Rheologische Analyse – Frequenz-Sweep



Analyse unter geringer Belastung → Strukturerhaltend



Interagierend +;
 Nicht interagierend -
 Schwach interagierend *

Nicht/schwach interagierende Beschichtung (-, *) :

- Höchste Netzwerkkonnetktivität (z) und -stärke (Af)

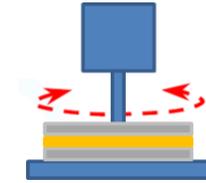
Interagierende Beschichtung (+):

- Geringere Netzwerkkonnetktivität (z) und -stärke (Af)
- Höhere Ähnlichkeit zu Weizenteig

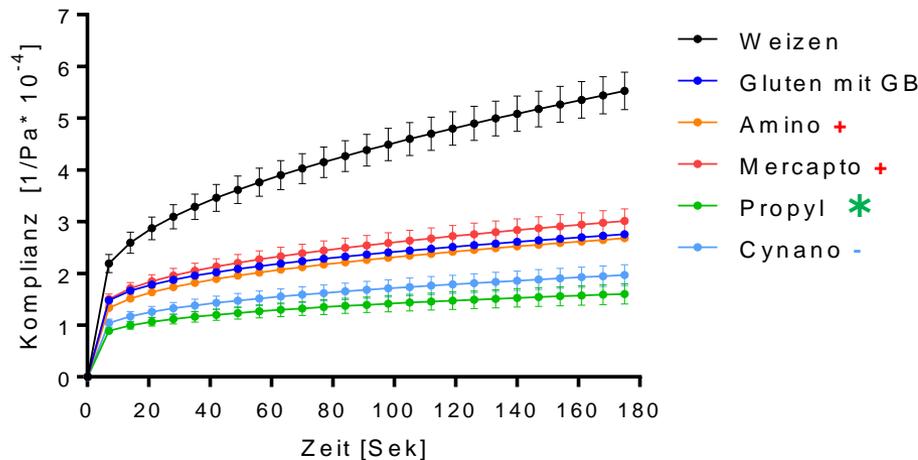
→ Behindern interagierende Partikel die Netzwerkbildung?

Power law von G*	Weizenteig	Interagierend			Schwach interagierend	Nicht interagierend
		Gluten + "pur"	Gluten + Amino	Gluten + Mercapto	Gluten + Propyl	Gluten + Cyano
Af (Pa s ^{1/z})	14909 ± 1034	15142 ± 558	15376 ± 1230	15250 ± 2316	22591 ± 3481	20085 ± 2295
z (-)	4,91 ± 0,07	4,78 ± 0,11	4,85 ± 0,24	4,55 ± 0,07	5,36 ± 0,00	5,23 ± 0,09

Rheologische Analyse – Kriech-Erholungsversuch



Analyse unter stärkerer Belastung → Strukturzerstörend



Interagierend +;
 Nicht interagierend -
 Schwach interagierend *

J_0 = Elastischer Anteil

- Interagierend: Höher
- Nicht interagierend: Am geringsten

J_1 & λ = Viskoelastischer Anteil

- Interagierend → Stressabbau langsamer
- Nicht interagierend → Stressabbau schneller

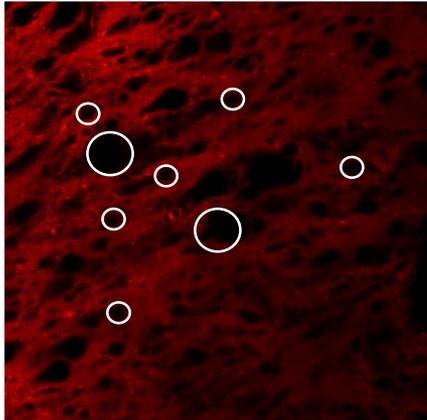
η_0 = Viskoser Anteil

- Interagierend: Geringer
- Nicht interagierend: Am höchsten

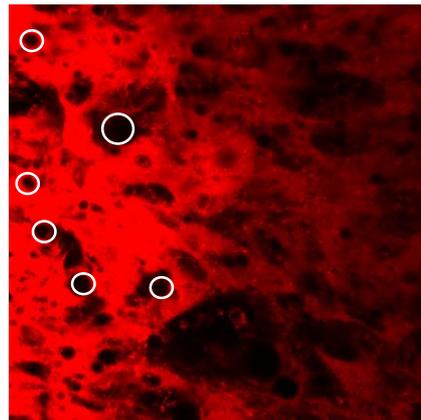
→ Nicht interagierende Partikel ermöglichen schneller ein Fließen des Systems durch die Separation der Partikel

Burger Modell	Weizen	Interagierend			Schwach interagierend	Nicht interagierend
		Gluten + "pur"	Gluten + Amino	Gluten + Mercapto	Gluten + Propyl	Gluten + Cyano
J_0 (1/Pa)	$1,05 \cdot 10^{-4}$	$0,51 \cdot 10^{-4}$	$0,58 \cdot 10^{-4}$	$0,64 \cdot 10^{-4}$	$0,30 \cdot 10^{-4}$	$0,38 \cdot 10^{-4}$
J_1 (1/Pa)	$2,00 \cdot 10^{-4}$	$1,21 \cdot 10^{-4}$	$1,07 \cdot 10^{-4}$	$1,23 \cdot 10^{-4}$	$0,76 \cdot 10^{-4}$	$0,86 \cdot 10^{-4}$
λ (s)	11,06	5,39	7,76	7,45	5,02	5,68
H_0 (Pa s)	$0,61 \cdot 10^6$	$1,76 \cdot 10^6$	$1,63 \cdot 10^6$	$1,46 \cdot 10^6$	$3,07 \cdot 10^6$	$2,34 \cdot 10^6$

Gluten mit Mercapto-GB



Gluten mit Amino-GB

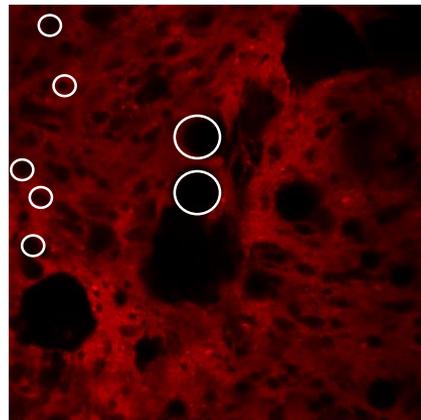
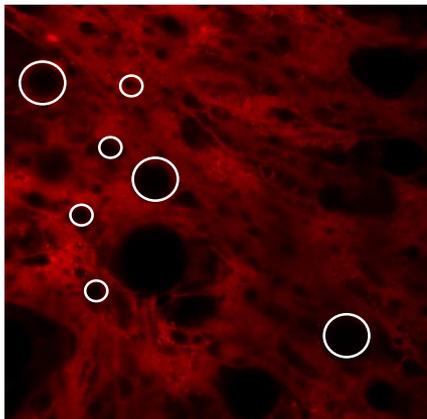


Interagierende Beschichtungen

Gleichmäßige Verteilung der Partikel im Netzwerk

→ Keine Bildung von Agglomeraten während des Knetens

Unterschiedliche mechanische Eigenschaften basieren **nicht** auf der Partikelverteilung



Beschichtungen

Gleichmäßige Verteilung der Partikel im Netzwerk

→ Keine Bildung von Agglomeraten während des Knetens

Ermöglicht die Aufklärung von Zusammenhängen wie es im nativen System nicht möglich ist:

- Verständnis über Interaktion zwischen Stärke und Gluten ermöglicht bessere Prozesssteuerung
 - Züchtung → Mehr/weniger bestimmte funktionelle Gruppen
 - Vermahlung → Steuerung der Stärkemarkodifikation für Mehle mit speziellen Eigenschaften
 - Verarbeitung → Belastungsarten/-intensitäten entsprechend der Materialbeschaffenheit wählen

Hohe Standardisierbarkeit im Vergleich zu natürlichen Rohstoffen mit Weizenteig-äquivalenten Verhalten:

- Geräte/Anlagen Testen

HPC-PVP Matrix



HPC-PVP mit
Glaspartikeln



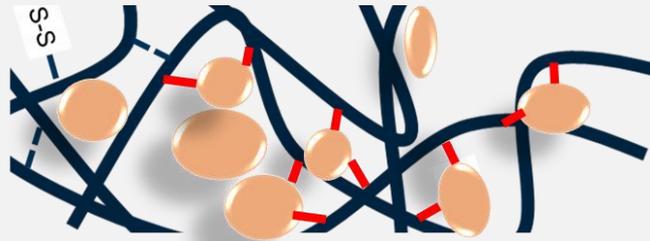
HPC-PVP mit
Glaspartikeln, gebacken



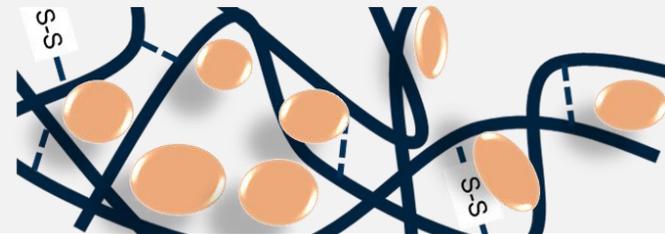
- Oberflächenfunktionalität beeinflusst signifikant das viskoelastische Verhalten des Gluten-Glaspartikel-Systems
 - Unterschiede zwischen interagierend & nicht-interagierenden Beschichtungen
- Unterschiede sind bei geringen & starken Belastungen sichtbar

→ **Hypothese: Netzwerkbildung wird durch Oberflächenfunktionalität der Partikel gesteuert**

Interagierend: Weniger Verknüpfungspunkte für die Polymere untereinander → Schwächeres Netzwerk



Nicht-Interagierend: Mehr Verknüpfungspunkte für die Polymere untereinander → Stärkeres Netzwerk



- Einfluss der Interaktionen bei gleicher Netzwerkbildung prüfen
- Vergleich zwischen nicht entwickelten & entwickelten Teig

Herzlichen Dank ...

... für Ihre Aufmerksamkeit

gefördert durch



Weihenstephaner Institut für
Getreideforschung

Interaktion Stärke-Gluten – Einfluss der Oberflächenfunktionalität auf das Teigverhalten

Technische Universität München
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Weihenstephaner Steig 20
D-85354 Freising

Tel: +49 8161 71 2693
Fax: +49 8161 71 3883
E-Mail: silvia.brandner@tum.de
lbgt.wzw.tum.de

