



Universität Hamburg



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
MUNICH

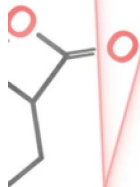
CHEMISCH-PHYSIKALISCHE WECHSELWIRKUNGEN UND DEREN EINFLUSS AUF DIE INITIALE NASSFESTIGKEIT

Jürgen Belle
Prof. Dr. St. Kleemann
Dr. habil. J. Odermatt

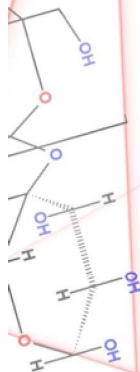
Munich University of Applied Sciences
Munich University of Applied Sciences
University Hamburg, Biology

3. Darmstädter Papierchemie-Kolloquium
09. Mai 2014

FREIER ZUG NACH EINER PRESSE



E



INHALT

- Definition
- Forschungsfrage
- Eingrenzung der Parameter
 - Chemisch-physikalische Faktoren
 - Papier-physikalische Faktoren
- Versuche/Ergebnisse
- Fazit
- Ausblick/Diskussion

DEFINITION

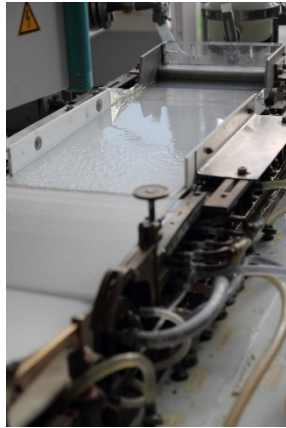
INITIALE NASSFESTIGKEIT:

- Trockengehalt von 20 bis ca. 60 %
- In der Praxis zwischen
 - 18 bis 25 % nach dem Sieb
 - 30 bis 60 % nach der Presse bzw. 1. Trockengruppe
- Verhältnisse wie im ersten freien Zug
- Messung nach DIN 54514 von 2008⁽¹⁾

DIE INITIALE NASSFESTIGKEIT IST NICHT

- die Nassfestigkeit nach Wiederbefeuchtung nach ISO 3781.

GRENZFLÄCHEN BEI DER BLATTBILDUNG^(2,3)



Feststoff
in Wasser

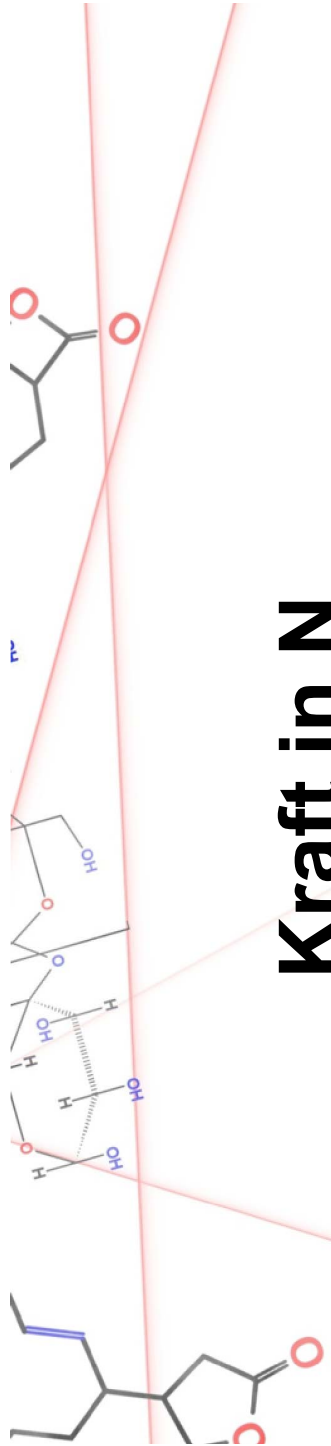
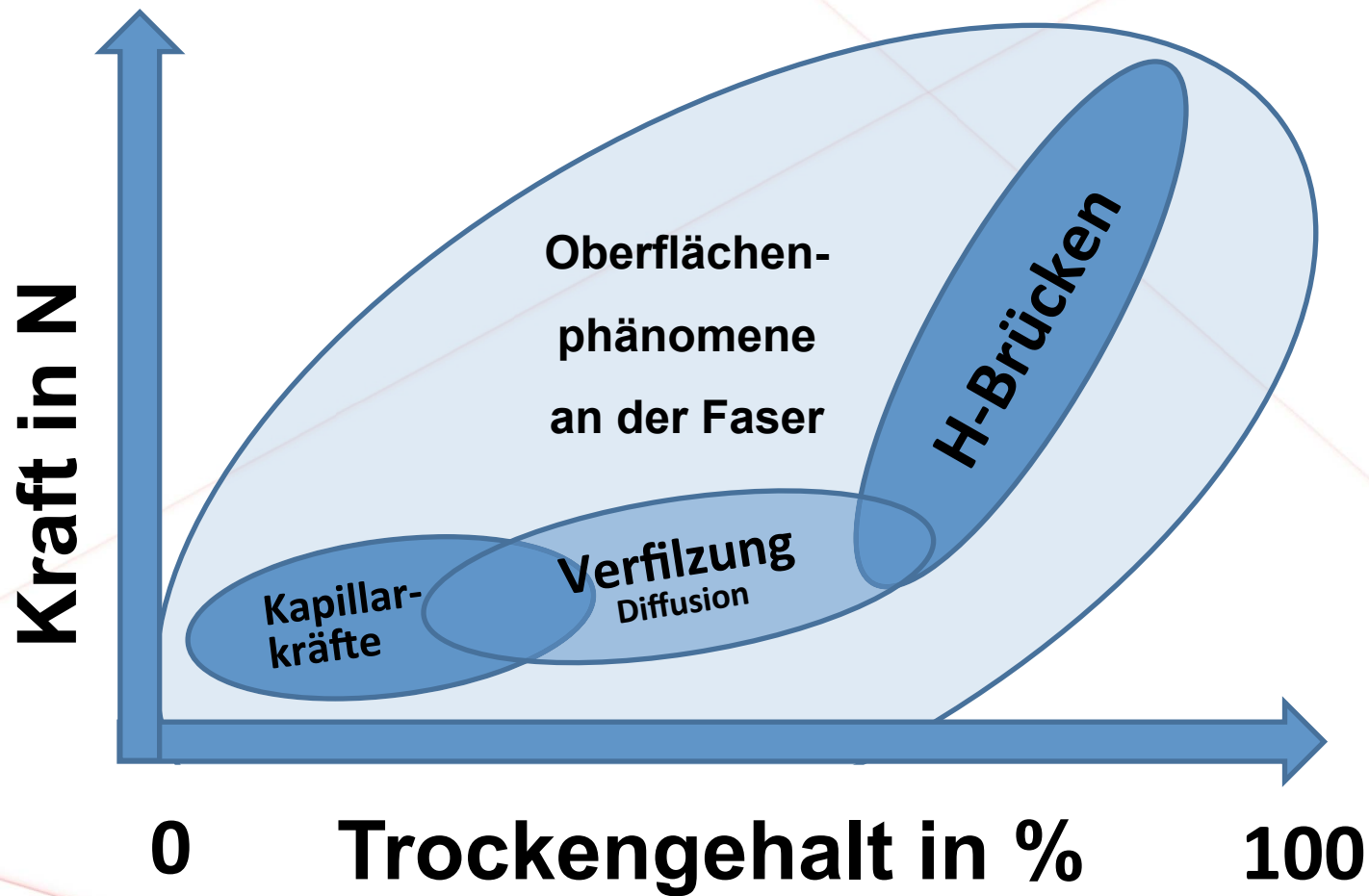
Feststoff und
Luft
in Wasser

Feststoff und
Wasser
in Luft

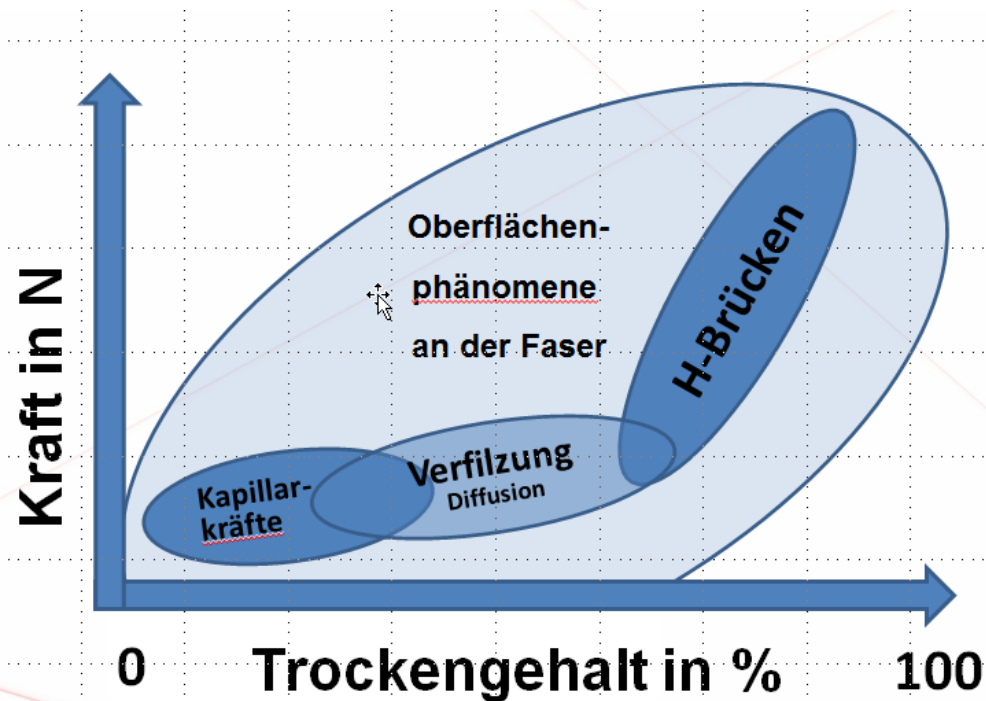


Trockengehalt in %

FORSCHUNGSFRAGE



FORSCHUNGSFRAGE



- Ist es möglich, durch eine Verhornung der Faser die Kapillarkräfte in unteren Trockengehaltsbereichen zu beeinflussen?
- Welche Gewichtung besteht zwischen den Kräften?

CHEMISCH / PHYSIKALISCHE FAKTOREN

- pH-Wert
- Leitfähigkeit
- Oberflächenladung der Faser
- Quellungszustand der Faser
- Benetzungseigenschaften der Faser
- Kapillarkräfte
- Van der Waals Kräfte

...

PAPIER-PHYSIKALISCHE FAKTOREN

- Fasermorphologie
 - Faserlängenverteilung
 - Faservolumen
 - Mahlungszustand
 - Faserflexibilität, E-Modul der Faser
 - Verhornung
- Trockengehalt
- Blattdichte
- ...

BERÜCKSICHTIGTE PARAMETER

- Faserflexibilität
 - Verhornung
 - Quellungszustand
- Leitfähigkeit
- Fasermorphologie
 - Variation der Faserstoffarten
 - Holzschliff
 - Langfaser
 - Kurzfaser
 - Fasermahlung
- Trockengehalt des Blattes

LANGFASER AUFBEREITUNG

Feuchter Zellstoff NBSK-ECF

Aufschlagen mit Reinstwasser im Pulper

Mit Reinstwasser Waschen/Schleudern
Messung der Leitfähigkeit: soll $< 1\mu\text{S}/\text{cm}$

Muster 1: Kühlschrank

Muster 2: Trocknen bei 20°C

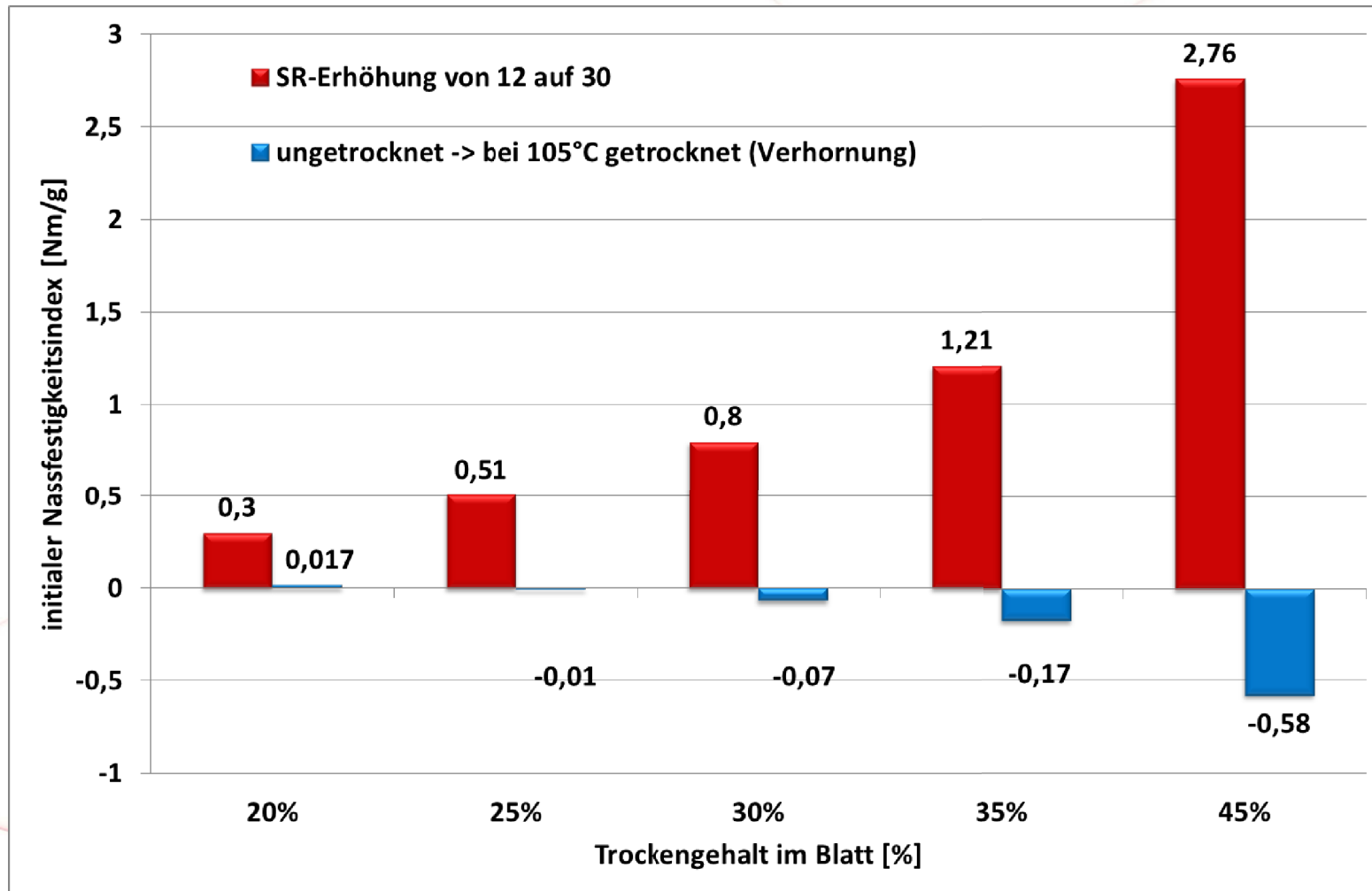
Muster 3: Trocknen bei 105°C

Jedes Muster mit Reinstwasser im Pulper aufschlagen
und im Holländer mahlen (SR 20 und 30)

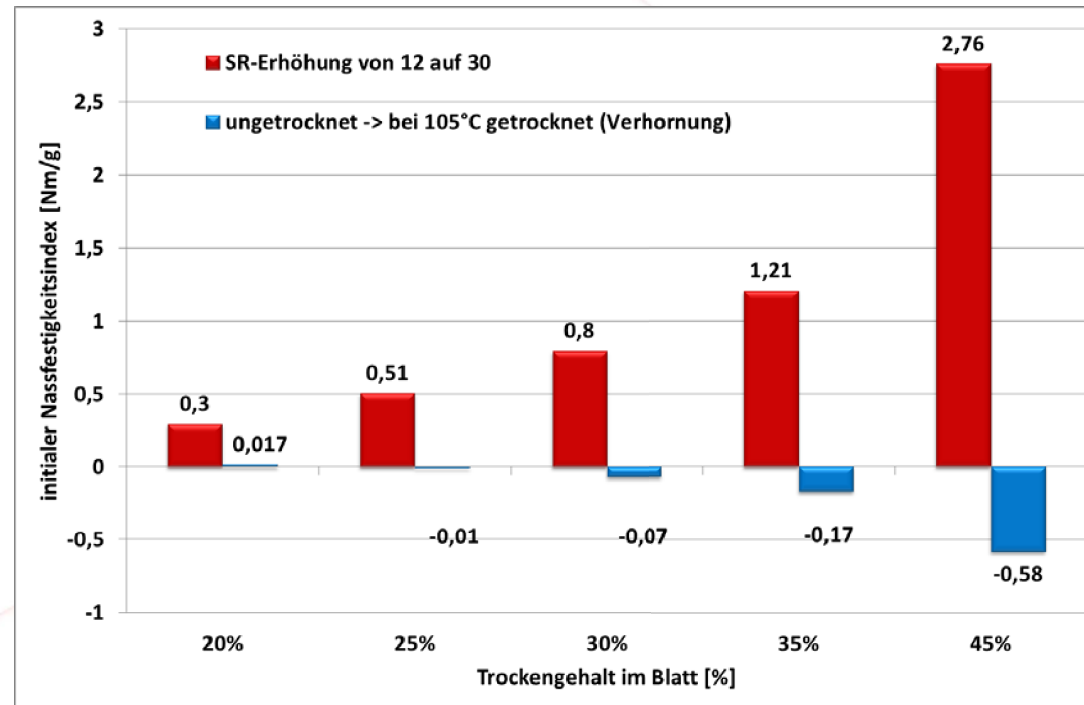
Konservierung und Lagerung

Blattbildung

VERHORNUNG BEI LANGFASERSTOFF

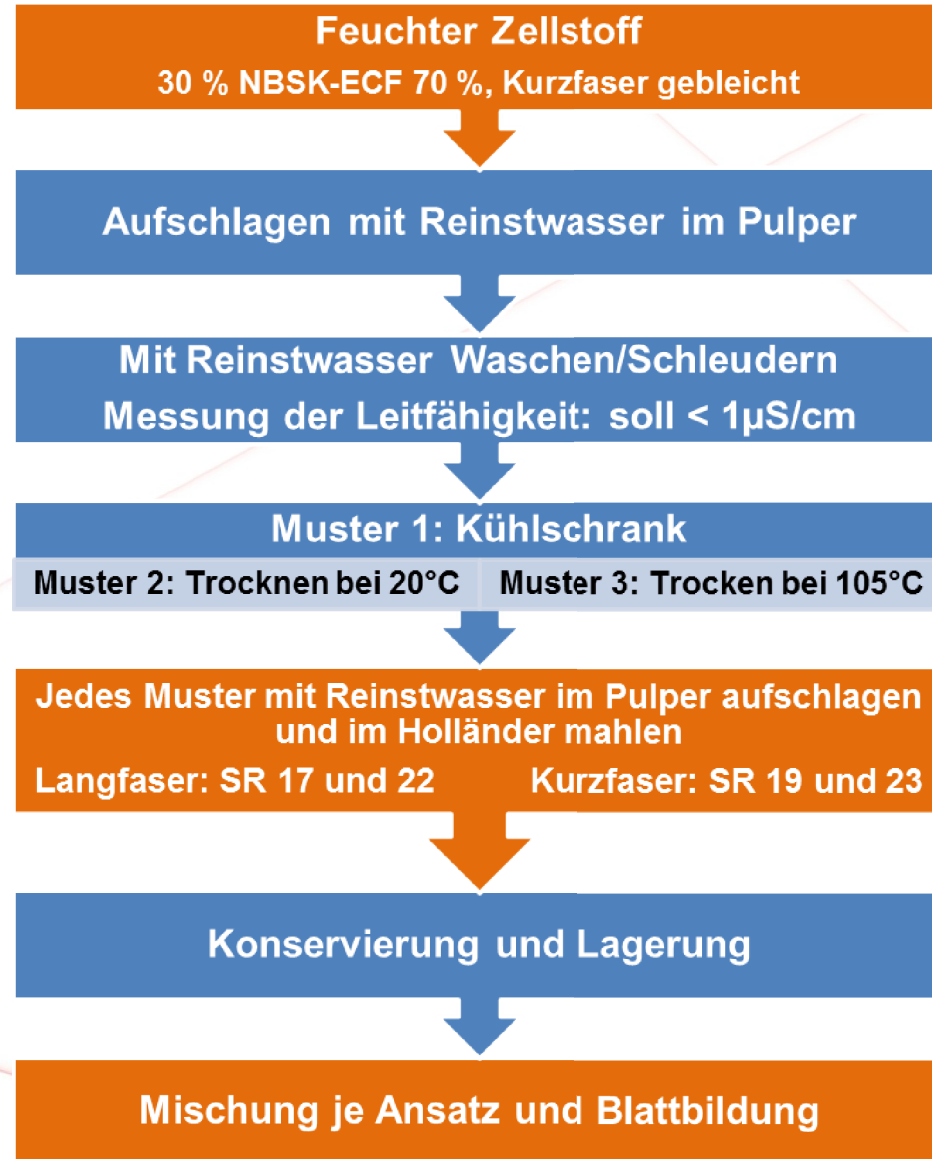


VERHORNUNG BEI LANGFASERSTOFF

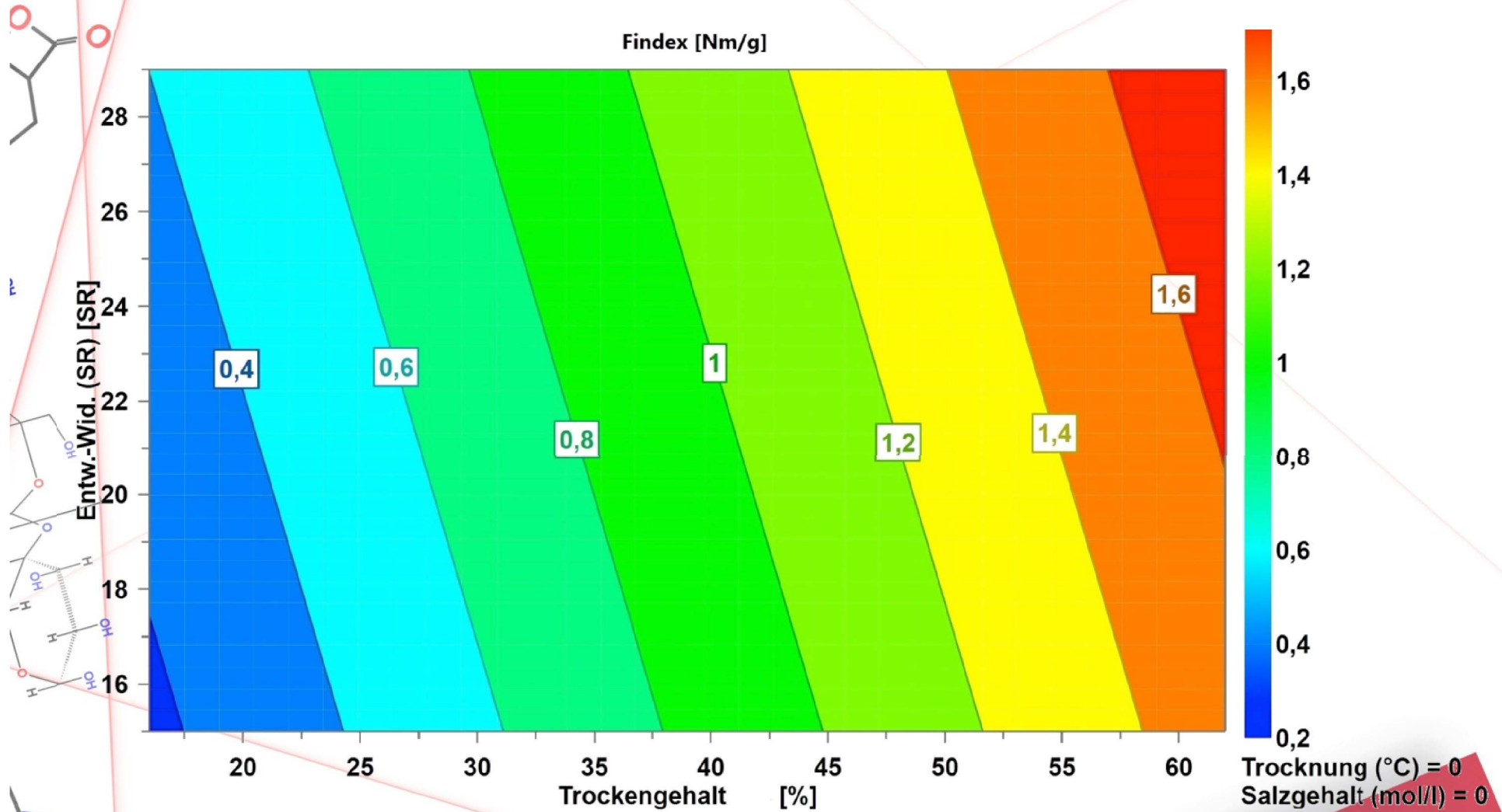


- Starker Einfluss der Mahlung - Fasermorphologie über alle Trockengehalte
- Verhornung / E-Modul der Faser:
 - Bei Trockengehalten < 25% leicht positiver Effekt
 - Bei Trockengehalten > 25 % negativer Effekt

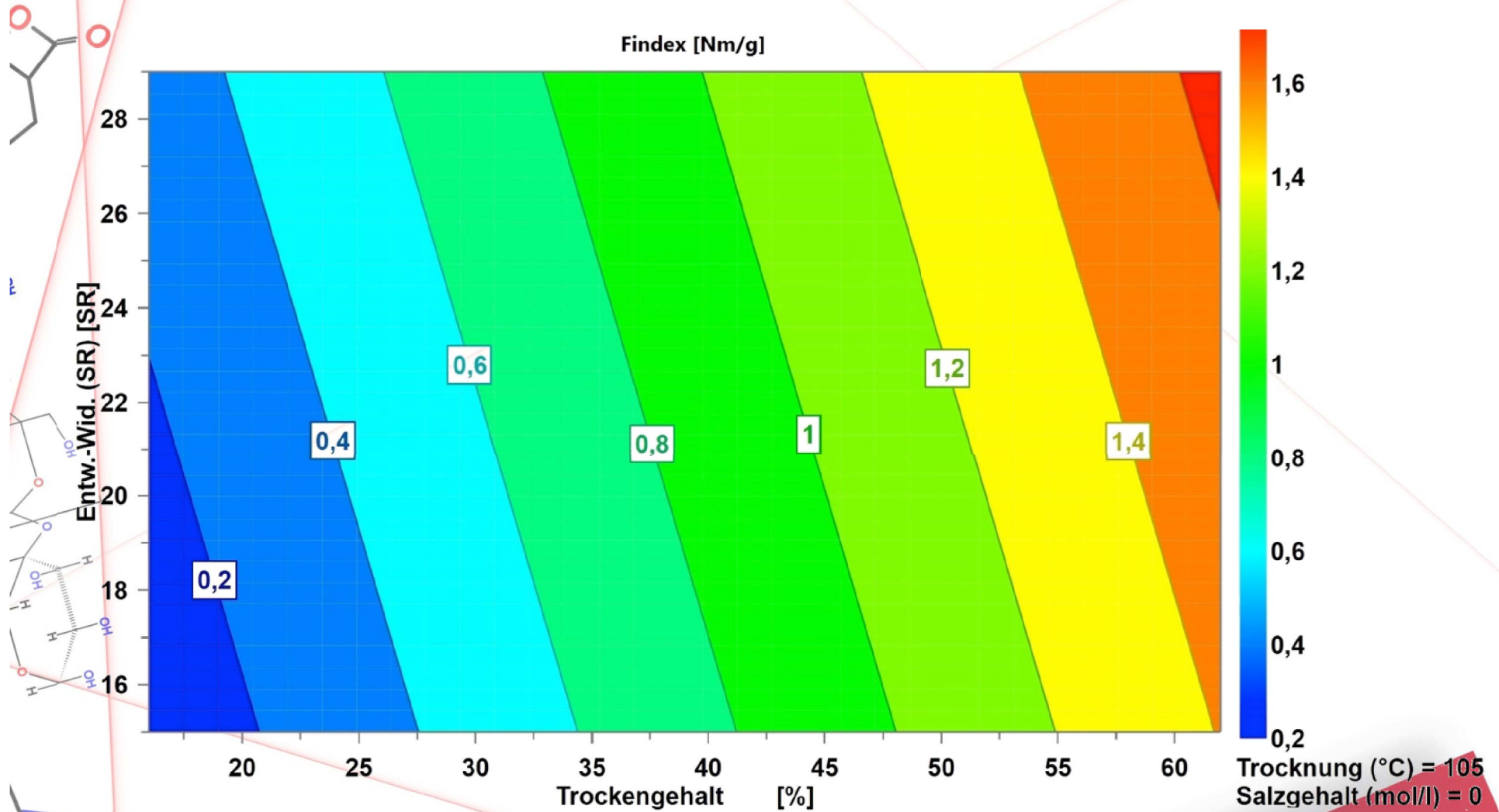
FASERSTOFFMISCHUNG



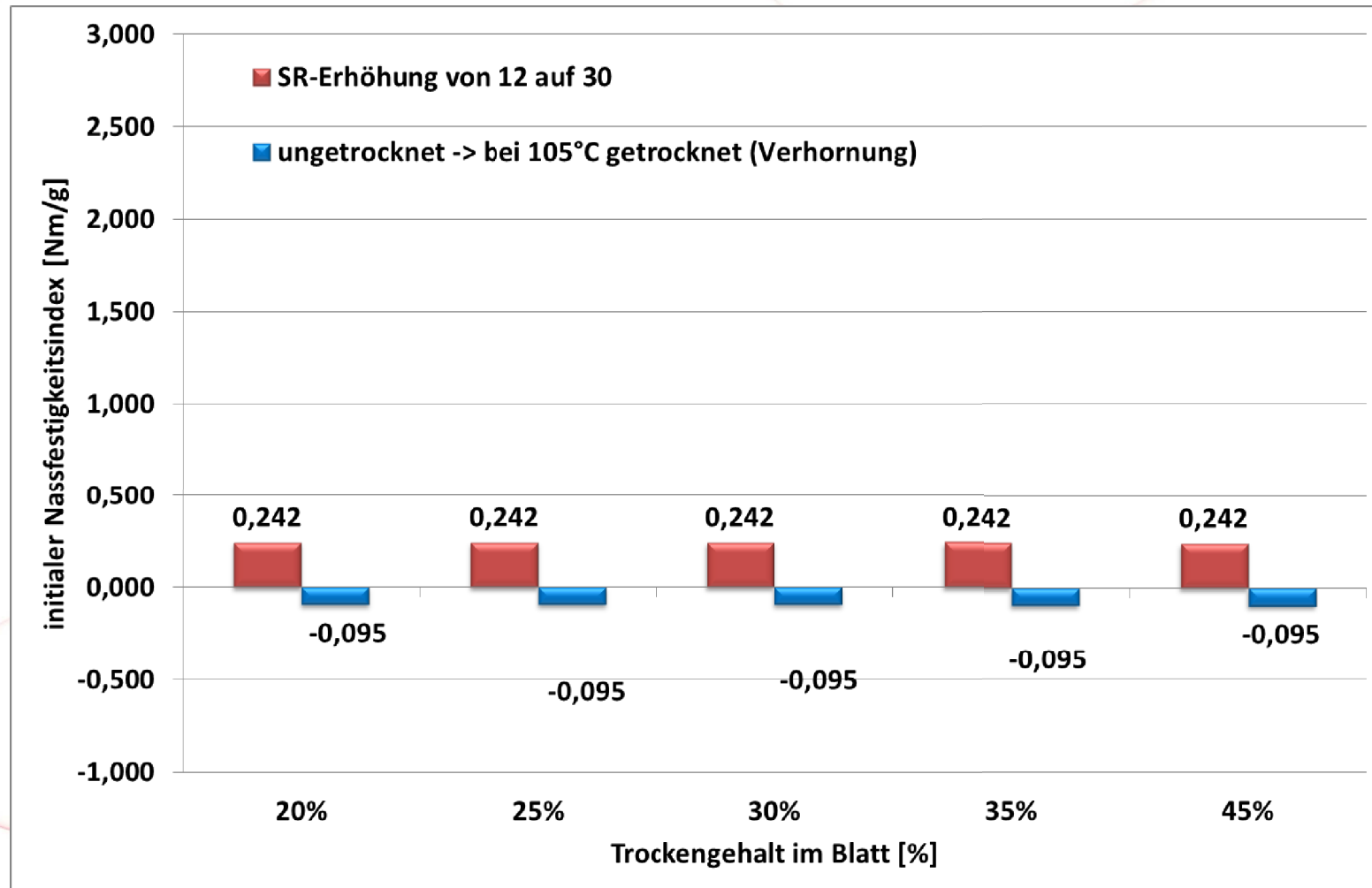
UNVERHORANTE MISCHUNG AUS LANG- UND KURZFASERSTOFF



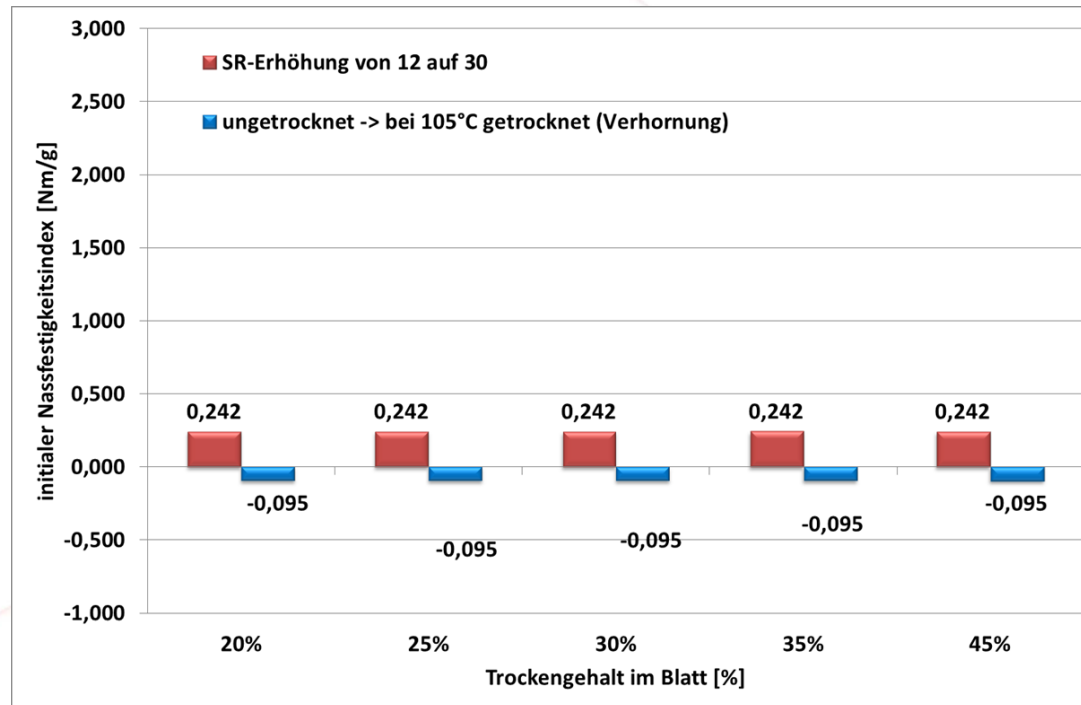
VERHORANTE MISCHUNG AUS LANG- UND KURZFASERSTOFF



VERHORNUNG BEI EINER MISCHUNG AUS LANG- UND KURZFASERSTOFF



VERHORNUNG BEI EINER MISCHUNG AUS LANG- UND KURZFASERSTOFF



- Keine Veränderung der Effekte über alle Trockengehalte durch
 - Mahlung und
 - Verhornung.

ZWISCHENERGEBNIS VERHORNUNG

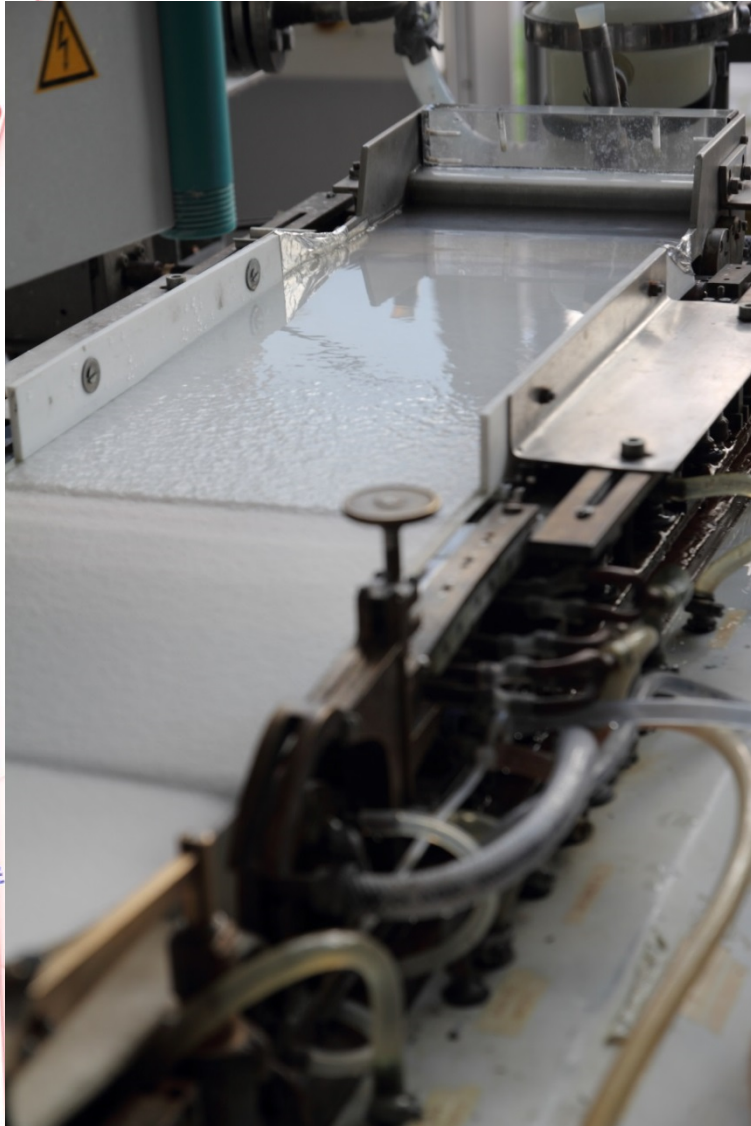
These:

- Eine verhornte Faser sollte bei geringen Trockengehalten die Kapillarkräfte positiv beeinflussen.

Ergebnis:

- Bei Langfaserzellstoff ECF können die Kapillarkräfte durch Verhornung deutlich gemacht werden.
- Bei einer Mischung aus 30 % LF und 70 % KF sind die Kapillarkräfte in der Festigkeitsentwicklung nicht erkennbar.

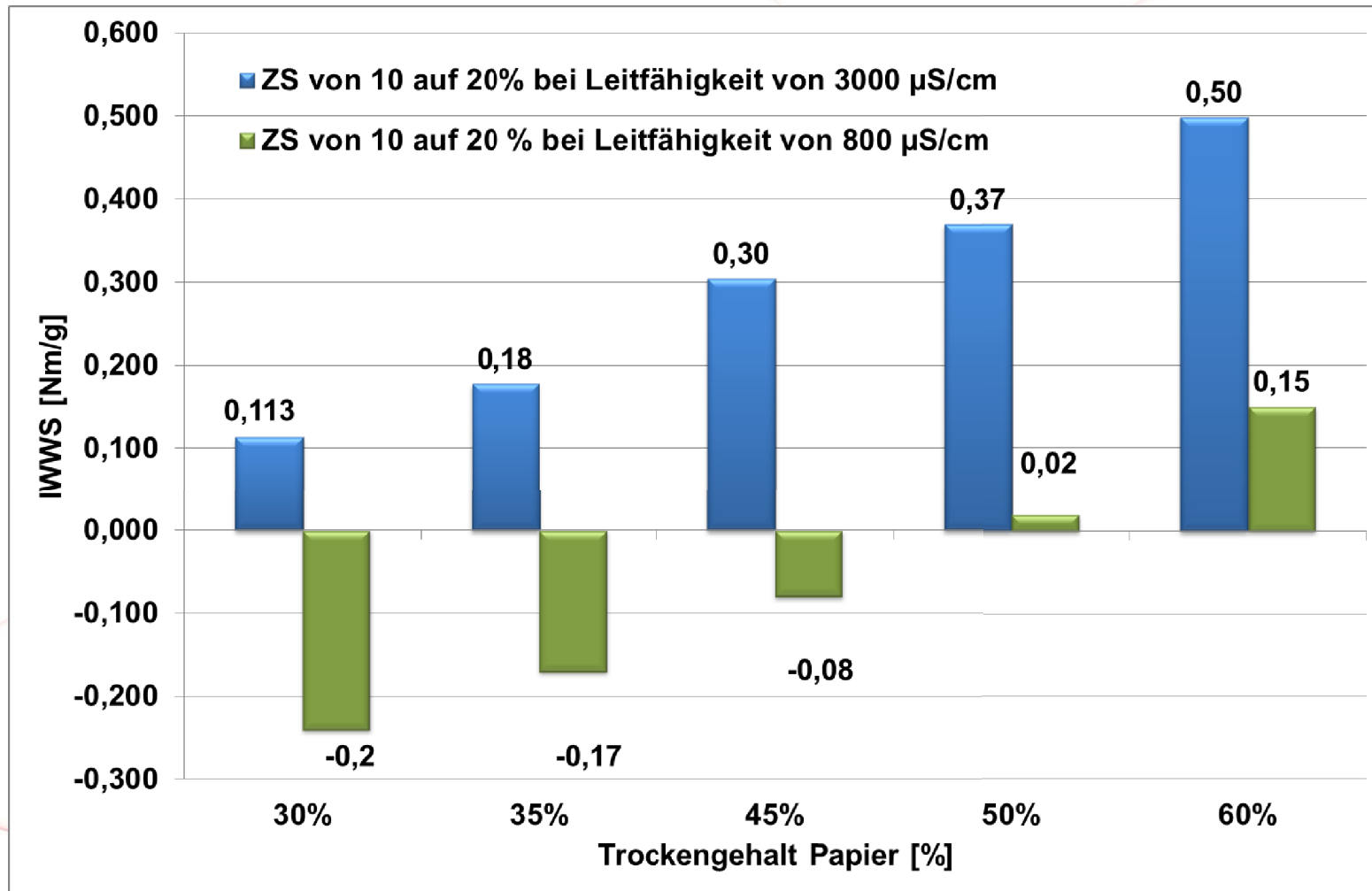
VERSUCHSPAPIERMASCHINE



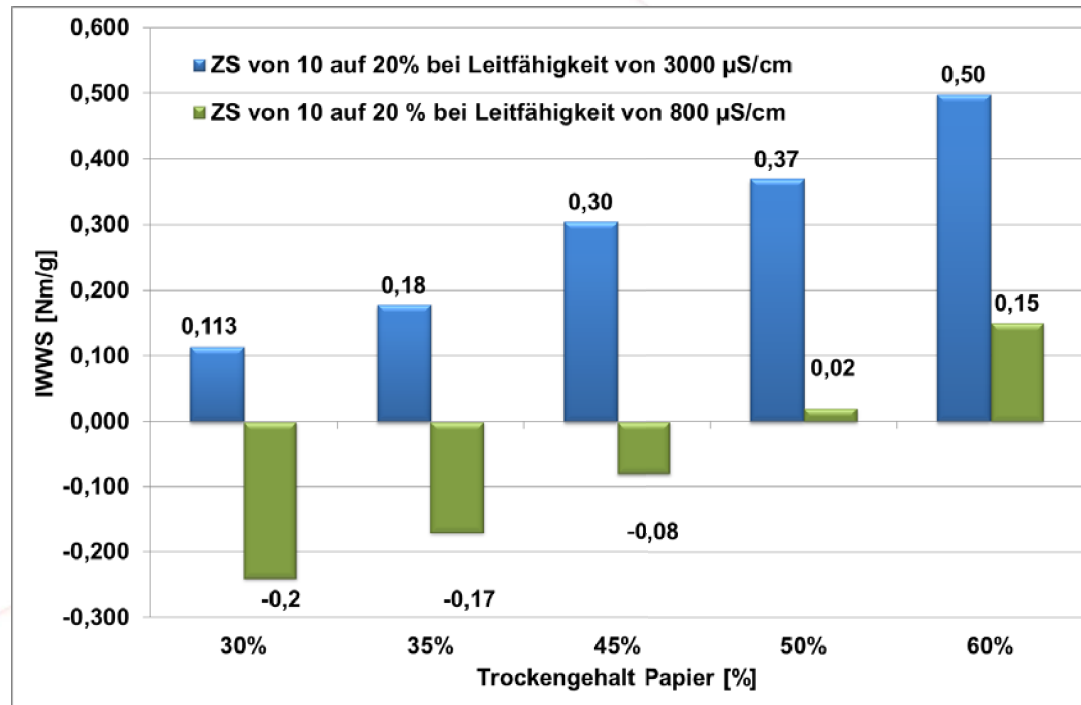
- Faserstoff direkt aus einer Papierfabrik:
 - Holzschliff 80-90 %
 - Langfaser 10-20 %
- Einstellung der Leitfähigkeit über definierte Zugabe von NaCl.
- Entnahme der Proben nach der ersten Presse
- Labormessung nach DIN 54514.

Bild: padberg.joerg@gmail.com

MISCHUNG HOLZSCHLIFF UND LANGFASER BEI VARIIRTER LEITFÄHIGKEIT



MISCHUNG HOLZSCHLIFF UND LANGFASER BEI VARIIRTER LEITFÄHIGKEIT



- Bei geringer Leitfähigkeit hat die Langfaser erst ab einem Trockengehalt von > 50 % einen positiven Effekt.
- Bei hoher Leitfähigkeit hat eine Langfaserzugabe immer einen positiven Effekt.

ZWISCHENERGEBNIS LEITFÄHIGKEIT

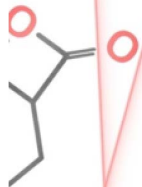
These:

- Geringe Leitfähigkeit der Suspension bewirkt eine gute Quellung der Fasern und damit steigende Festigkeiten.

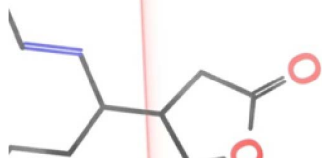
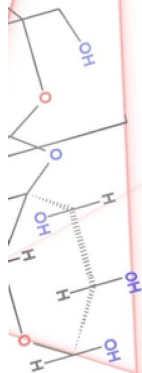
Ergebnis:

- Gut gequollene Langfaser verringert bei Trockengehalten $< 50\%$ die Festigkeit.
 - Die gequollene Faser wirkt wie ein Abstandhalter im Fasergefüge.

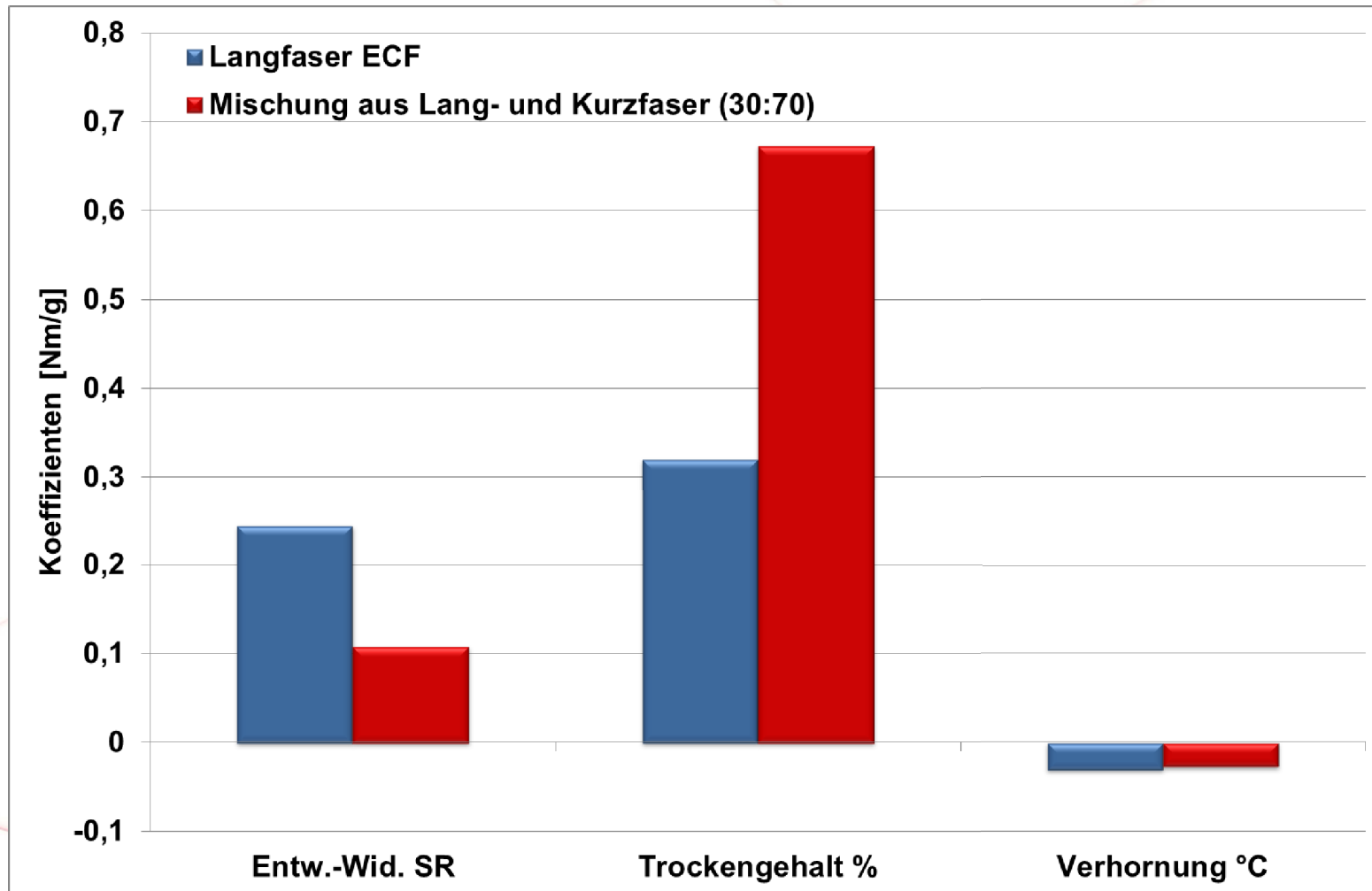
GEWICHTUNG DER FAKTOREN



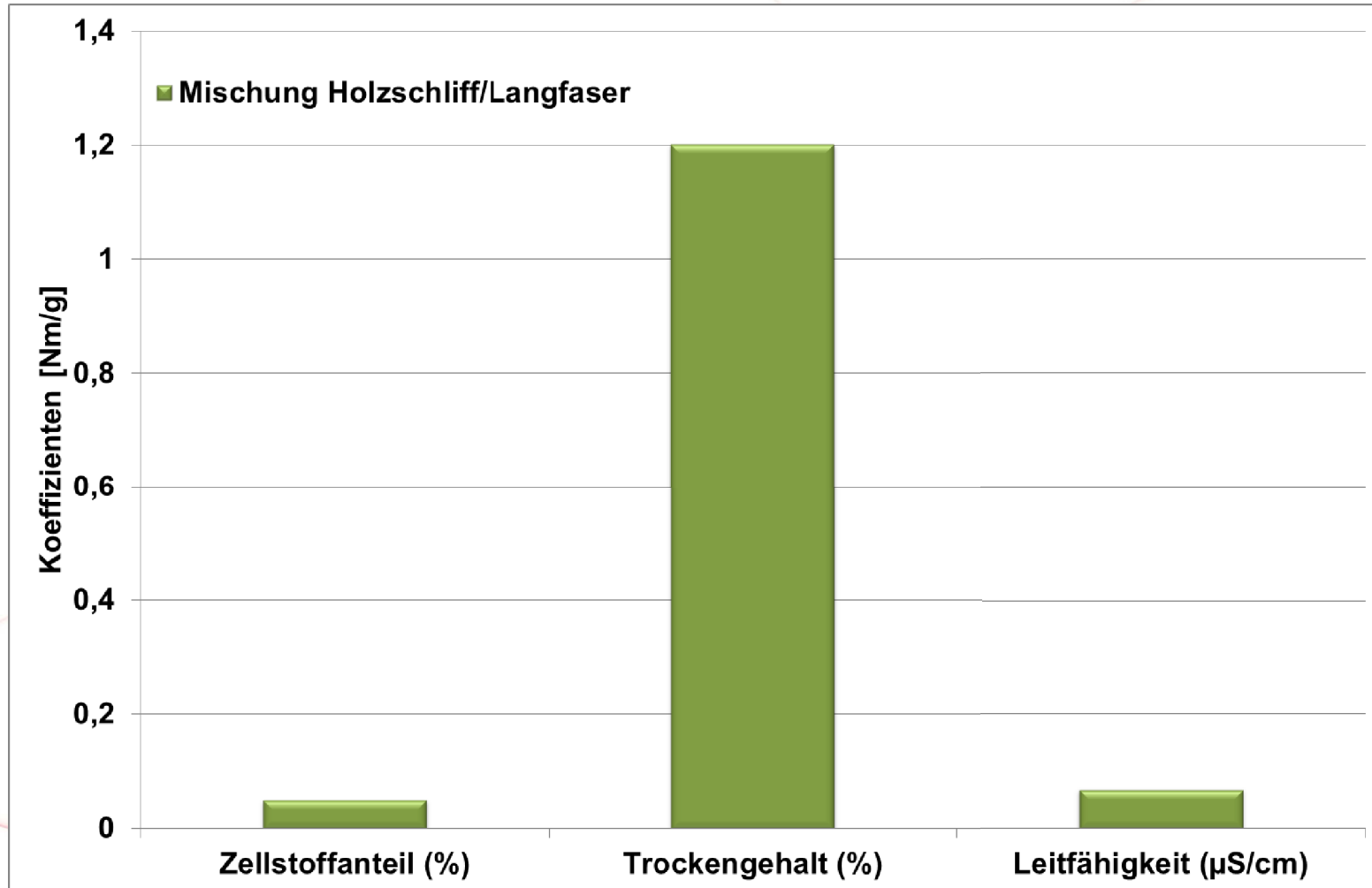
E



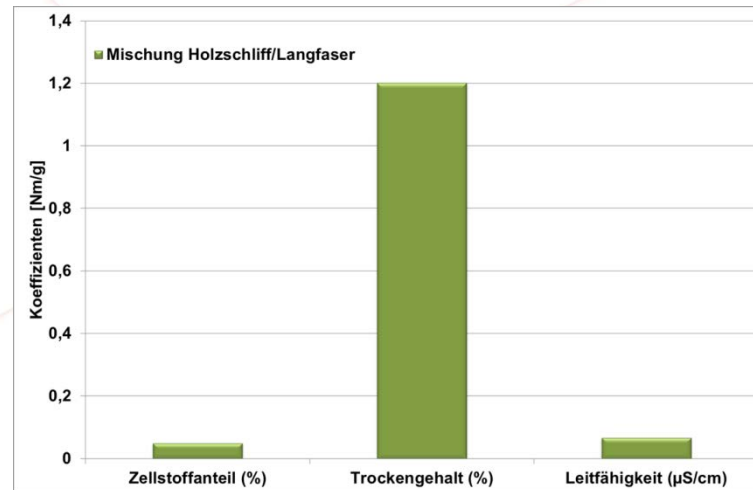
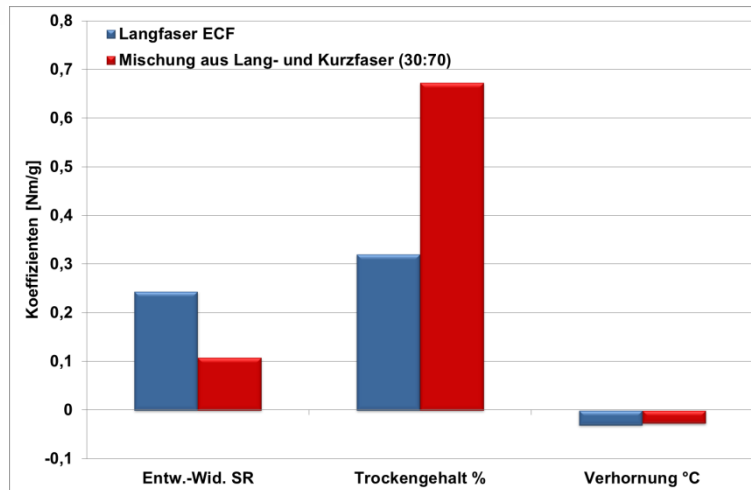
GEWICHTUNG DER FAKTOREN



GEWICHTUNG DER FAKTOREN



GEWICHTUNG DER FAKTOREN



1. Trockengehalt
2. Mahlung
3. Faserstoffmischung
4. Leitfähigkeit der Suspension
5. Verhornung des Faserstoffs

FESTIGKEITSENTWICKLUNG

Phänomen	Ergebnisse
Bis Trockengehalt von 25 %	
<ul style="list-style-type: none"> • Kapillarkräfte⁽⁴⁾ • kollabierende Fasern⁽⁵⁻⁸⁾ • Form- und Reibschluss zwischen den Fasern 	<p>Verhornung^(9,10)</p> <p>Mahlung</p>
Trockengehalt > 25 % bis 60 %	
<ul style="list-style-type: none"> • Van der Waals´sche Kräfte⁽¹¹⁻¹⁵⁾ <ul style="list-style-type: none"> • Anziehungs- und Abstoßungskräfte DLVO Theorie • Ausbildung von Kontaktflächen zwischen Fasern und Fibrillen^(11,12,16-26) <ul style="list-style-type: none"> • Voraussetzung: flexible, viskoelastische, weiche Fasern • Gelbildung in Fasernähe • Diffusion von Polymerketten^(11,21-23) 	<p>Leitfähigkeit</p> <p>Mahlung</p> <p>Verhornung</p> <p>Leitfähigkeit</p>

ZUSAMMENFASSUNG

Die Papierfestigkeiten bei Trockengehalten

- < 25 % wird wesentlich von der Fasermorphologie beeinflusst
 - starre Fasern und ein geringes Wasserrückhaltevermögen wirken positiv.
- >25 % wird wesentlich durch die Flexibilität der Fasern bestimmt,
 - möglichst viele Kontaktpunkte zwischen Fasern und Fibrillen für Wasserstoffbrückenbindungen zu erhalten.

COOPERATION MATRIX – BFS INF 1000_11



Bayerische
Forschungsstiftung



Universität Hamburg



sappi

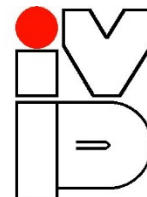
Inspired by life



RAISING YOUR PRODUCTIVITY



3. Darmstädter Papierchemie-Kolloquium

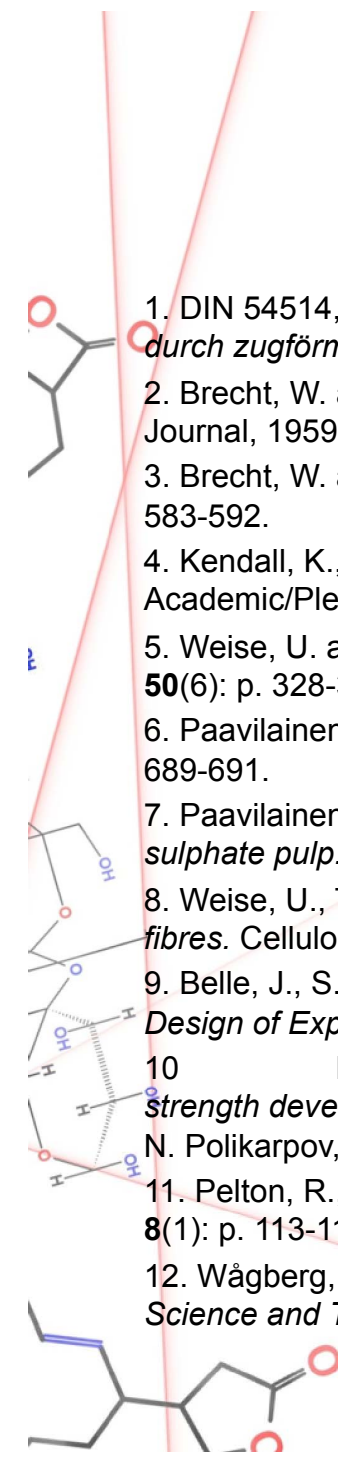


Jürgen Belle

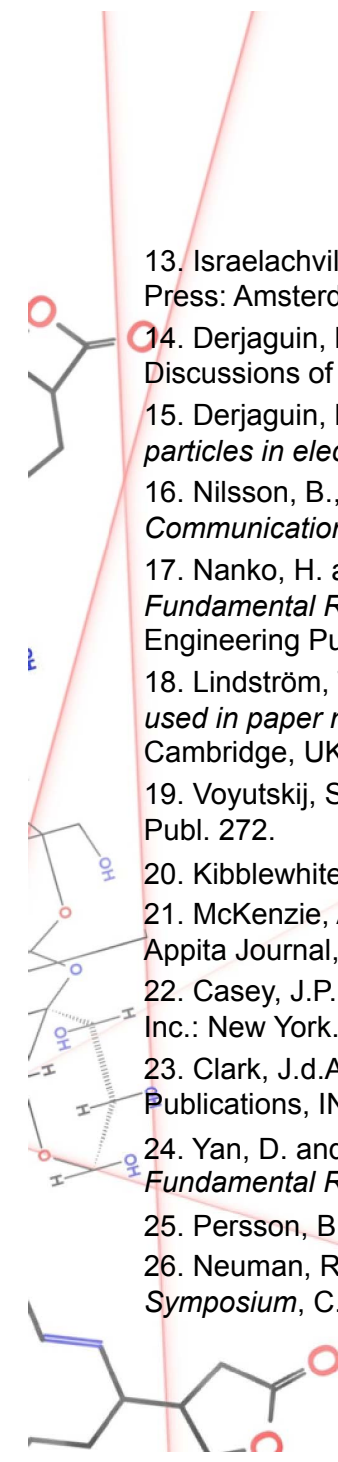
09.05.2014

30

LITERATUR I

- 
1. DIN 54514, *Prüfung von Papier und Pappe - Bestimmung der initialen Nassfestigkeit (Initial Wet Web Strength) durch zugförmige Belastung*. 2008, DIN Deutsches Institut für Normung e.V. p. 12.
 2. Brecht, W. and H. Erfurt, *Wet web strength of mechanical and chemical pulps of different form composition*. Tappi Journal, 1959a. **42**(12): p. 959-968.
 3. Brecht, W. and H. Erfurt, *Neue Einblicke in die Zugfestigkeit von Papieren*. Das Papier, 1959b. **13**(23/24): p. 583-592.
 4. Kendall, K., *Molecular adhesion and its applications: The Sticky Universe*. 2001, New York: Springer Us Kluwer Academic/Plenum Publishers.
 5. Weise, U. and H. Paulapuro, *Der Zusammenhang zwischen Faserschrumpfung und Verhornung*. Das Papier, 1996. **50**(6): p. 328-333.
 6. Paavilainen, L., *Conformability, flexibility and collapsibility of sulphate pulp fibres*. Paperi ja Puu, 1993b. **75**(9-10): p. 689-691.
 7. Paavilainen, L., *Importance of cross-dimensional fibre properties and coarseness for the characterisation of softwood sulphate pulp*. Paperi ja Puu, 1993a. **75**(5): p. 343-350.
 8. Weise, U., T. Maloney, and H. Paulapuro, *Quantification of water in different states of interaction with wood pulp fibres*. Cellulose, 1996. **3**(1): p. 189-202.
 9. Belle, J., S. Kleemann, and J. Odermatt, *Weighing of Different Impact Factors on Wet Web Strength by Full-Factorial Design of Experiments*. BioResources, 2014a. **9**(2): p. 1830-1844.
 - 10 Belle, J., S. Kleemann, and J. Odermatt, *Giving deeper insights into the mechanisms of initial wet web strength development by an advanced explanatory model*, in *International Symposium on Applied Interface Chemistry*, N. Polikarpov, et al., Editors. 2014b, Papiertechnische Stiftung: München.
 11. Pelton, R., *A model of the external surface of wood pulp fibers*. Nordic Pulp and Paper Research Journal, 1993. **8**(1): p. 113-119.
 12. Wågberg, L. and G. Annergren, *Physicochemical characterization of papermaking fibres*, in *Advances in Paper Science and Technology -11th Fundamental Research Symposium*., C.F. Baker, Editor. 1997: Cambridge. p. 1-82.

LITERATUR II

- 
13. Israelachvili, J.N., *Electrostatic Forces Between Surfaces in Liquid*, in *Intermolecular and surface forces*. 2006, Academic Press: Amsterdam. p. 213-259.
 14. Derjaguin, B., *A theory of the heterocoagulation, interaction and adhesion of dissimilar particles in solutions of electrolytes*. Discussions of the Faraday Society, 1954. **18**: p. 85-98.
 15. Derjaguin, B. and L. Landau, *The theory of stability of highly charged lyophobic sols and coalescence of highly charged particles in electrolyte solutions*. Acta Phys-Chim USSR, 1941. **14**(633): p. 331-354.
 16. Nilsson, B., L. Wågberg, and D. Gray, *Conformability of wet pulp fibres at small length scales*, in *Fibre Science and Communication Network Reports*. 2000, Mid Sweden University: Sundsvall, Sweden. p. 17.
 17. Nanko, H. and J. Ohsawa, *Mechanisms of fibre bond formation*, in *Advances in Paper Science and Technology - 9th Fundamental Research Symposium: Fundamentals of Papermaking*, C.F. Baker and V.W. Punton, Editors. 1989, Mechanical Engineering Publications Limited, London: Cambridge. p. 783-830.
 18. Lindström, T., L. Wågberg, and T. Larsson, *On the nature of joint strength in paper—a review of dry and wet strength resins used in paper manufacturing*, in *Advances in Paper Science and Technology - 13th Fundamental Research Symposium*. 2005: Cambridge, UK. p. 457-562.
 19. Voyutskij, S.S., *Autohesion and adhesion of high polymers*. Polymer Reviews. Vol. 4. 1963, New York: Wiley Interscience Publ. 272.
 20. Kibblewhite, R.P., *Effects of beating on wet web behaviour*. Vol. 633. 1973: New Zealand Forest Service.
 21. McKenzie, A.W., *The structure and properties of paper Part XXI: The diffusion theory of adhesion applied to interfibre bonding*. Appita Journal, 1984. **37**(7): p. 580-583.
 22. Casey, J.P., *Nature of fiber bonding*, in *Pulp and Paper - Chemistry and Chemical Technology*. 1960, Interscience Publishers Inc.: New York. p. 664-721.
 23. Clark, J.d.A., *Molecular Fibrillation and Partial Solubility*, in *Pulp Technology and Treatment for Paper*. 1978, Miller Freeman Publications, INC.: San Francisco. p. 151-152.
 24. Yan, D. and K. Li. *Real contact Area Between Fibers Surfaces*. in *Advances in Paper Science and Technology - 15th Fundamental Research Symposium*. 2013. Cambridge: FRC.
 25. Persson, B.N., et al., *Adhesion of cellulose fibers in paper*. Journal of Physics: Condensed Matter, 2013. **25**(4): p. 1-11.
 26. Neuman, R., *Surface force measurement in paper making systems*, in *Products of Papermaking - 10th Fundamental Research Symposium*, C.F. Baker, Editor. 1993, Pira International: Leatherhead, Oxford. p. 969-1021.