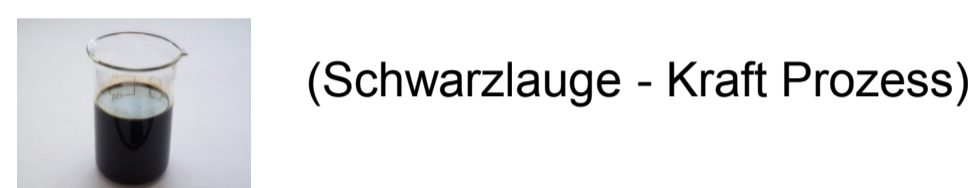


Ziel: Optimierung von Blends aus Polyethylen und Lignin

Warum Lignin?

- eines der am häufigsten vorkommenden natürlichen Polymere (erneuerbarer Anteil 75 Mrd. t/a)
- über 50 Mio. t/a technisch verfügbar



99,9%
Fast ausschließlich energetisch genutzt

1,0%
Alternative Anwendungen von Lignin:

- Dispergier- und Benetzungsmittel (Lignosulfonate) – 1 Million t/a
- Komponente in Harz-Systemen (Dr. Engelmann, IAP)
- Precursor-Material für Carbonfasern (Dr. Lehmann, IAP)
- Komponente in thermoplastischen Materialien

Eigenschaften des verwendeten Lignins

- Standard Softwood KRAFT-Lignin (Sulfat Prozess)
- Elementar-Analyse

Sample	C [%]	H [%]	N [%]	O [%]	S [%]
Lignin	63,5	5,8	0,7	27,2	1,4

- GPC Messungen (DMSO/LiBr, Pulluan)

Probe	M _w [g/mol]	P	T _g [°C]
Lignin	5010	25,3	148



- Partikelgröße zwischen 1 und 50µm
- KRAFT Lignin wurde verwendet ohne chemische oder physikalische Modifikation

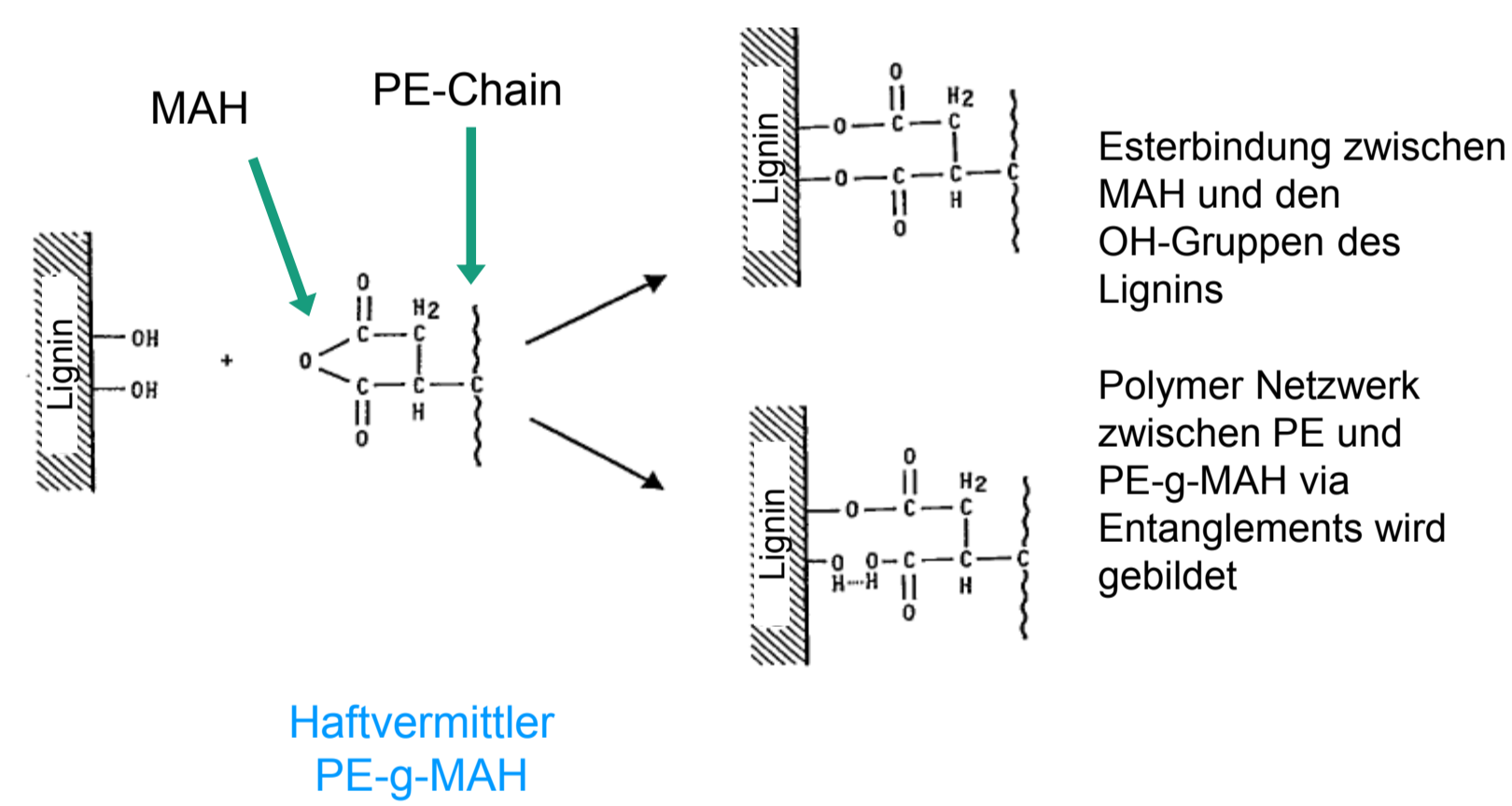
Warum Polyethylen – Lignin Blends?

Vorteile des Blends	
von Polyethylen (50%)	von Lignin (50%)
<ul style="list-style-type: none"> ■ thermoplastische Verarbeitung ■ spritzgussfähig ■ hohe Resistenz gegenüber thermischer und chemischer Degradation während der Verarbeitung ■ mechanische Eigenschaften (hohe Schlagzähigkeit) ■ sehr effiziente Haftvermittler verfügbar (MAH-g-PE) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ biobasiert ■ bessere CO₂ Bilanz ■ Preisverdünnung ■ Eigenschaftsmodifizierung

Können die Polyethylen Eigenschaften konserviert oder sogar verbessert werden?

Mechanismus Haftvermittlung via PE-g-MAH

An der Oberfläche der Lignin-Partikel



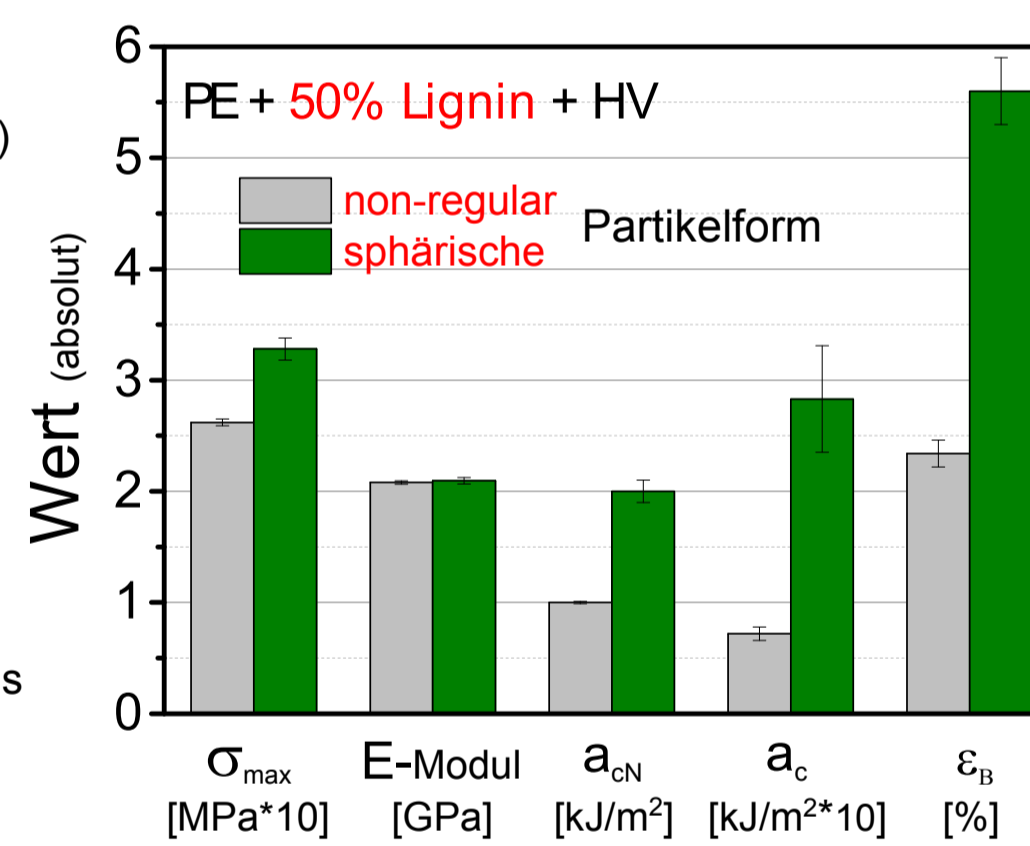
Source: Felix and Gatenholm, J. Appl. Polym. Sci. 42(1991), 609-620

Lignin Partikelform

Mechanik: Zug- und Schlagzähigkeits-Eigenschaften

für sphärische Partikel gilt:

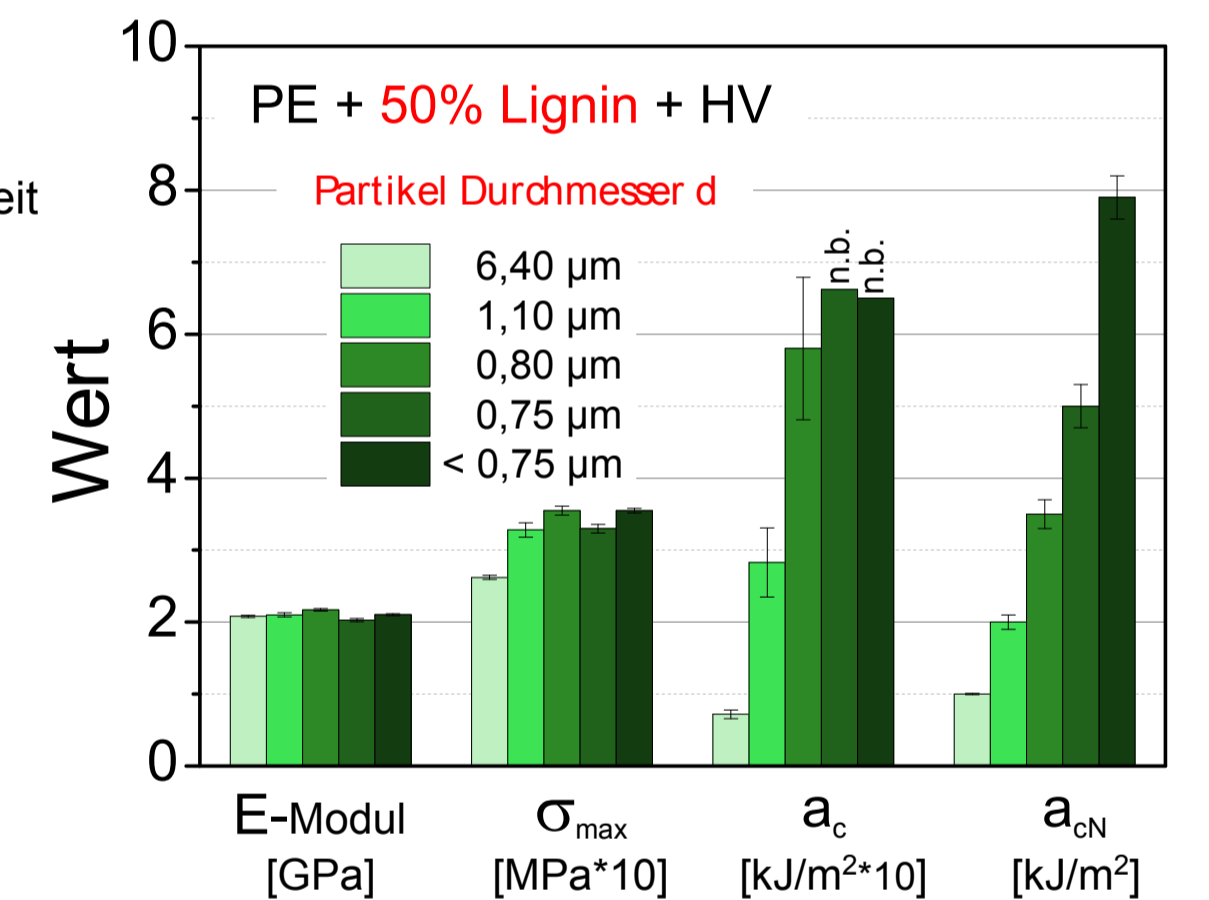
- Zugfestigkeit verbessert (+20%)
- Zug-Modul E unbeeinflusst
- Schlagzähigkeiten signifikant verbessert
- Kerbschlagzähigkeit a_{2N} verdoppelt
- Schlagzähigkeit a_c (+ 400%)
- Bruchdehnung e_B mehr als verdoppelt



PE + Lignin (50/50) – Verschiedene Morphologien

Mechanik: Zug- und Schlagzähigkeiten der Blends

- Zug-Modul unverändert
- Optimum der Zugfestigkeit für d ≤ 0,80 µm
- Schlagzähigkeit a_c: beste Ergebnisse - kein Bruch (n.b.) für d ≤ 0,75 µm
- a_{2N}: Erhöhung für abnehmende Partikeldurchmesser
- beste Ergebnisse: 8 kJ/m² (PE= 6,4 kJ/m²)



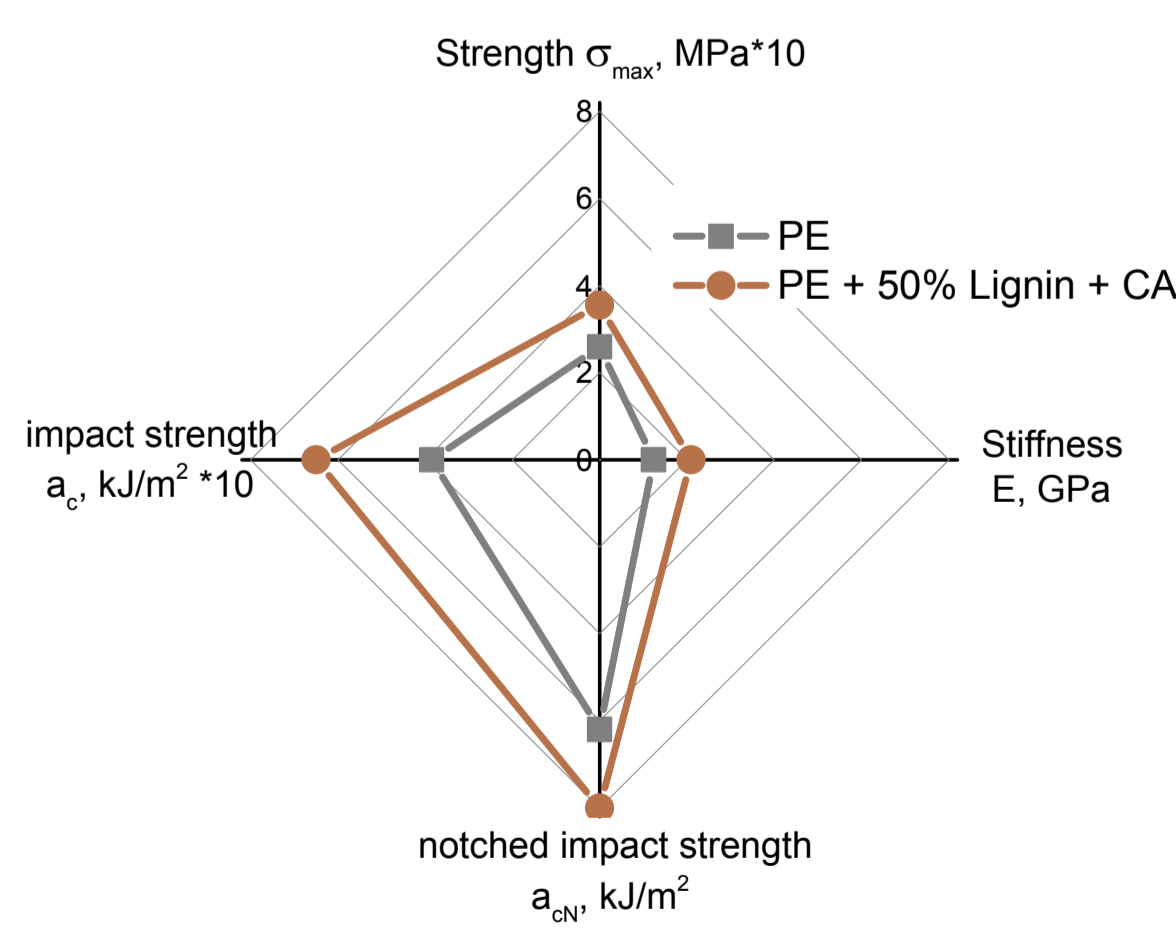
Patent: DE 10 2013 002 574, EP 14700176.2, US 14/766,942

PE vs. PE-Lignin-Blend

Feine Morphologie: d < 1 µm, HV

Mechanik:

- simultane Verbesserung der Zug- und Schlagzähigkeits-eigenschaften
- Blend Eigenschaften übertreffen PE Eigenschaften



➔ Lignin ist mehr als nur ein einfacher Füllstoff !!!

Upscaling und Prototypische Bauteile

PE-Lignin Blends: mikrostrukturierte Morphologie

- Compounding (Leistritz ZSE 18HP-50D) und Rezeptur: Fraunhofer IAP
- Spritzguss der prototypischen Bauteile: Tecnar GmbH



Zusammenfassung

- Thermoplastische Verarbeitung und Spritzguss von PE-Lignin Blends (bis 70 wt%) war erfolgreich
- Upscaling: auch kontinuierliche Verarbeitung (Extrusion) war erfolgreich
- die Lignin-Komponente beeinflusst stark die Blend-Eigenschaften
 - a starke Haftung
 - a runde Partikelform
 - feine Dispergierung (d<1µm)
 sind deutlich vorteilhaft für die Blend-Eigenschaften
- mit geeigneter Rezeptur und optimierter mikro-strukturierter Morphologie:
 - verbesserte Festigkeit, Steifigkeit
 - außergewöhnlich hohe Schlagzähigkeiten